

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЯ



Материалы Международной научно-практической конференции
посвященной памяти ученых Анны Ивановны Горбылевой,
Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова

18-20 декабря 2018 года

ЧАСТЬ 1

Горки, 2019

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЯ

**Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной
памяти ученых: Анны Ивановны Горбылевой, Юрия Павловича Сиротина и
Вадима Ивановича Тюльпанова**

Горки, 18–20 декабря 2018 г.

В двух частях

Часть 1

**Горки
БГСХА
2019**

УДК 631.452:631.8(063)
ББК 41.4+40.40 я43
П 75

Редакционная коллегия:

Т. Ф. Персикова (отв. редактор), И. Р. Вильдфлуш (зам. отв. редактора), С. Д. Курганская,
Е. Ф. Вaleyша, О.А. Поддубный, О. В. Мурзова, О. И. Мишура, М. Л. Радкевич, Ю. В. Коготко,
Э. М. Батыршаев

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора по научной работе
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
Н. Н. Цыбулько
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по учебной работе
УО «Гродненский государственный аграрный университет»
А. В. Свиридов

Материалы конференции изданы за счет средств ЧУП «Геймер»

П 75 **Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения** : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ученых: Анны Ивановны Горбылевой, Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова / редкол.: Т. Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 000 с.
ISBN

В сборнике материалов конференции приведены доклады участников Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ученых: Анны Ивановны Горбылевой, Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова.

УДК 631.452:631.8(063)
ББК 41.4+40.40 я43

ISBN 978-985-467-902-0

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ, ДОСТОЙНЫЙ УВАЖЕНИЯ (к 90-летию со дня рождения *Анны Ивановны Горбылевой*)

Т. Ф. ПЕРСИКОВА, д-р с.-х. наук, профессор,
С. Д. КУРГАНСКАЯ, канд. с.-х. наук, доцент,
Е. Ф. ВАЛЕЙША, канд. с.-х. наук,
О. А. ПОДДУБНЫЙ, канд. с.-х. наук, доцент,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь



Анна Ивановна Горбылева родилась 18 декабря 1928 года в мордовском селе Старая Горяша Краснослободского района в семье русских крестьян. Рано познав нелегкий крестьянский труд, в ее душу проникла любовь к земле, желание сделать ее более красивой и плодородной. И ей это удалось!

Вся ее долгая жизнь – беззаветное служение любимому делу.

Осенью 1946 года, после успешной сдачи экзаменов, сбывается мечта Анны Ивановны Горбылевой: она становится студенткой Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. И уже тогда она проявила себя с лучшей стороны, получая за отличную учебу и активную общественную работу именную стипендию им. М. И. Калинина. Закончив с отличием академию, а затем аспирантуру, в 1955 году она с блеском защищает кандидатскую диссертацию на тему: «Динамика некоторых свойств почвы и урожай растений при трех вариантах системы удобрений в девятипольном севообороте».

По распределению и совету известного ученого О. Кедрова-Зихмана, Анна Ивановна приехала в маленький белорусский городок Горки. Да так и осталась здесь на всю жизнь. Тогда молоденькая Анна и не задумывалась о том, что Горецкая земля станет для нее второй родиной. Здесь, в Белорусской сельскохозяйственной академии, она пройдет путь от ассистента до доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика Международной академии аграрного образования, заведующего кафедрой почвоведения, здесь вырастут ее дети, здесь она обретет настоящих друзей и станет Почетным гражданином г. Горки. Но это будет потом, а впереди дорога, длиною в жизнь.

В 1958 году молодой ученый организовала и до 1964 года заведовала, на общественных началах, радиоизотопной лабораторией, которая позднее была преобразована в кафедру сельскохозяйственной радиологии. С мая 1981 по август 1998 года заведовала кафедрой почвоведения, где ярко проявились ее руководящие и организаторские качества.

Одновременно с основной деятельностью в 1972–1990 гг. А. И. Горбылева руководила отделами опытов и проблемной лабораторией питания растений и гумуса БСХА, а с 1990 г. – исследованиями по одному из разделов республиканских программ «Плодородие» и «Агрокомплекс».

Докторскую диссертацию на тему «Совершенствование системы и технологии внесения удобрений на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах» защитила в 1979 г. Причем среди академических ученых-агрономов она была первой женщиной – доктором наук. Звание профессора ей было присвоено в 1981 году, в 1997 году А. И. Горбылева избрана членом-корреспондентом Международной академии аграрного образования, а в 2008 году становится действительным членом (академиком) этой академии.

Основные научные исследования А. И. Горбылевой посвящены установлению закономерностей в системе «почва – растения – удобрения» в условиях интенсивной химизации почв. На их основе разрабатываются принципы планирования системы удобрения в севообороте с включением различных технологий внесения удобрений и в зависимости от способов обработки почвы, обеспечивающей целенаправленное регулирование плодородия почвы и охрану окружающей среды.

Наряду с научными исследованиями Анна Ивановна проводила большую работу по подготовке научно-педагогических кадров. Благодаря ее педагогическому таланту, высокой профессиональной эрудиции и трудолюбию, подготовлено 17 кандидатов наук, в том числе 3 гражданина России, 1 – Египта, 1 – Вьетнама. Она являлась автором более 260 научных, учебных и методических разработок

и рекомендаций, в том числе 2 справочников по минеральным удобрениям, 2 – по известкованию и 5 учебных пособий, из которых 3 с грифом Министерства образования Республики Беларусь.

Результаты ее исследований нашли отражение при разработке научных основ применения удобрений как у нас в стране, так и за рубежом. Многие из них вошли в качестве нормативов в модели почвенного плодородия и использованы при подготовке рекомендаций для сельскохозяйственного производства.

Анна Ивановна всегда поддерживала тесные связи со многими ведущими отечественными и зарубежными учеными (России, Украины, Молдовы, Литвы, Латвии, Польши и др. стран). Творческие контакты, встречи на конгрессах, съездах, конференциях, обмен корреспонденцией позволяли ей и ее сотрудникам быть всегда информированными о проводимых в мире исследованиях и способствовали признанию школы белорусских агрохимиков-почвоведов.

В 2002 году за выдающийся вклад в развитие высшего образования Анна Ивановна была удостоена стипендии Президента Республики Беларусь.

Научно-исследовательскую и руководящую работу Анна Ивановна успешно сочетала с общественной научной деятельностью, являясь членом редколлегии журнала «Почвоведение и агрохимия», специализированного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций, научно-технического экспертного совета по агрономии и экологии БГСХА, Белорусского общества почвоведов и Международной ассоциации агроэкологов «Агроэкологос», участником международных, республиканских съездов, конференций, научно-производственных семинаров.

За цикл исследований, посвященных вопросам эволюции почвенного плодородия и комплексным проблемам охраны почв, оптимизации минерального питания растений и почвенных процессов с целью создания высокопродуктивных и чистых агроценозов на дерново-подзолистых почвах, в 2004 году, на конкурсной основе, А. И. Горбылевой была присуждена престижная премия имени академика Д. Н. Прянишникова, учрежденная Правительством России для ученых в области агрохимии. Не это ли высокий уровень международного признания научной работы профессора А. И. Горбылевой!

Добросовестный труд Анны Ивановны отмечен многочисленными наградами: знаками «Отличник сельского хозяйства СССР», «За отличные успехи в высшей школе», медалями «За доблестный труд», «За трудовую доблесть», Почетной Грамотой Верховного совета БССР, Почетными грамотами Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Президиума Академии аграрных наук, Могилевского и Брестского областных исполнительных комитетов, Горецкого райисполкома и ректората УО БГСХА, а также множеством благодарностей.

Глубокие знания, порядочность, принципиальность и требовательность, сочетающаяся с отзывчивостью, добротой и скромностью, позволили Анне Ивановне заслужить огромный авторитет и признание среди ученых аграрной науки, а также специалистов и руководителей сельскохозяйственных предприятий.

Шестьдесят лет Анна Ивановна Горбылева отдала любимому делу.

Оглядываясь назад и оценивая свой жизненный путь, Анна Ивановна не раз восклицала:

Судьбу мне нечего корить,

Она мне отвела немало!

И если бы пришлось жизнь повторить,

Я повторила б все сначала...

Жизненный путь Анны Ивановны завершился 16 июня 2015 г. на 87-м году жизни. Но школа А. И. Горбылевой, тот научный задел, созданный под ее руководством и при ее непосредственном участии, явилась прочным фундаментом для последующих исследований в области агрохимии и почвоведения. Развитие ее идей и принципов продолжается и поныне, а образ ученого, преданного своему делу, навсегда сохранится в наших сердцах!

О СВЯЗИ ВРЕМЕН В НАШИХ УЧИТЕЛЯХ

В. И. ТИТОВА, д-р с.-х. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Нижний Новгород, Россия



*Благодарная память равносильна
самому щедрому благодаянию*

В 60-е годы прошлого столетия мысли о том, что химизация земледелия – один из эффективных путей повышения продуктивности культур и производительности труда в сельском хозяйстве, были приданы дополнительные формы реализации. А именно: на партийном пленуме в декабре 1963 года была отмечена актуальность расширения подготовки специалистов-агрохимиков высшей квалификации и развертывания работ по проведению повышения квалификации всех специалистов (агрономов) в данной области.

В этот период кафедра агрохимии фактически пережила свое второе рождение: в связи с решением Правительства (1964 г.) о создании в Горьковском сельскохозяйственном институте факультета агрохимии и почвоведения 27 марта 1968 года приказом ректора он был учрежден. Эту дату принято считать днем создания факультета почвоведения, агрохимии и агроэкологии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, которому в 2018 году исполнилось ровно 50 лет.

Кроме юбилея самого факультета, 2018 год знаменателен еще одной датой – 90-летием со дня рождения Юрия Павловича Сиротина, выдающегося ученого, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, который заведовал кафедрой агрохимии Горьковского сельскохозяйственного института (впоследствии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии) со времени основания факультета и далее на протяжении 30 лет.

Выпускник Горьковского СХИ (1951 г.), он успешно окончил очную аспирантуру при Всесоюзном институте удобрений и агропочвоведения (г. Москва). Там же в 1968 году (ровно 60 лет назад) он успешно защитил кандидатскую диссертацию. Кандидатом наук, но 35-летним молодым человеком (!), он пришел на кафедру в 1962 году, приняв эстафету заведования нашей кафедрой от видного агрохимика, государственного и общественного деятеля, академика ВАСХНИЛ Виктора Дмитриевича Паникова, которого на то время перевели на работу в Москву. Так, Юрий Павлович Сиротин, нижегородец с московской научной школой, переступил порог химической лаборатории кафедры и остался бессменным ее руководителем на многие годы.

Основательность профессиональных знаний, полученных на горьковской земле, и широта кругозора, столичное умение охватить проблему целиком позволили ему создать на кафедре агрохимии творческий и работоспособный коллектив, который стал его опорой в подготовке специалистов и продвижении науки в практику сельского хозяйства.

Детальное исследование свойств фосфоритов, агроэкономическая оценка действия фосфоритной муки – далеко не весь перечень вопросов, отраженных в исследованиях Ю. П. Сиротина. Много сил и времени были отданы им проблеме использования на удобрение сырых фосфоритов. В те годы, кстати, это было не так и просто: химизация шагнула в производство, растут поставки в сельское хозяйство минеральных удобрений, прежде всего, высококонцентрированных, а фосфоритная мука воспринимается уже как бы «второсортное» удобрение. Тем более, что в это время активно идет известкование полей и возникают вопросы возможности их совместного использования. Защита докторской диссертации явилась в этом плане весомым аргументом в пользу работы с фосфоритной мукой и завершила период становления личности высококлассного специалиста, педагога и исследователя Юрия Павловича Сиротина.

Вместе с тем область научных интересов проф. Ю. П. Сиротина не ограничивается только фосфором и фосфоритами: он организует изучение медленно действующих азотных удобрений (с ингибиторами нитрификации, капсулированные и т.п.), изучает отходы химических производств как возможные сложного состава микроудобрения.

Яркая, творческая натура, глубокая внутренняя культура, интеллигентность образа, порядочность, эрудиция, природное мастерство оратора, мудрость государственного человека – это все Юрий Павлович Сиротин. На годы его руководства кафедрой пришлось время расцвета агрохимической науки (80–90-е годы прошлого столетия), востребованность научных знаний практикой (что, к тому же, поддерживалось на государственном уровне). Но были также и другие времена – нелегкие годы забвения и даже некоторого пренебрежения к агрохимической науке в 90-е годы... Но он всегда был патриотом своей страны и нижегородской земли, искренне «болел» проблемами сельхозпроизводства и радовался победам своим и своих товарищей!

У Юрия Павловича сложились дружеские отношения со многими учеными и коллегами страны, среди которых была молодой ученый из братской Республики Беларусь Анна Ивановна Горбылева. Их дружба сохранялась на протяжении многих десятилетий. Анна Ивановна неоднократно бывала в Нижегородском сельскохозяйственном институте, они встречались на площадках научных дискуссий в Москве, Петербурге и во многих других городах. Посещая научные конференции в Нижегородской ГСХА, посвященные уже памяти Юрия Павловича Сиротина, Анна Ивановна часто об этом вспоминала. И не только просто вспоминала о профессиональных контактах и дружбе с Ю. П. Сиротиным, а уже после его ухода из жизни протянула руку помощи его ученице, В. И. Титовой, приняв на себя труд по оппонированию ее докторской диссертации (защита прошла в Санкт-Петербургском ГАУ, в июне 1998 года).

Профессиональные контакты и дружба профессоров Юрия Павловича Сиротина и Анны Ивановны Горбылевой не ушли в небытие после ухода их из жизни земной. Нас цепью, крепко держит нить времен, где каждое колечко – это чья-то судьба, это чья-то личность. И вот уже мы, нынешние профессора Тамара Филипповна Персикова и Вера Ивановна Титова, ученики наших уважаемых Учителей, храним и поддерживаем переданную нам связующую поколения нить времени.

Мое первое знакомство с профессором Т. Ф. Персиковой произошло в здании МГУ им. М. В. Ломоносова, в кабинете заведующего кафедрой агрохимии, академика РАН Василия Григорьевича Минеева во время прохождения одной из научных конференций созданного им научного общества «Агрохимэкодружество» еще в далеком 2006 году. С тех пор – мы вместе: на территории Нижегородской ГСХА, начиная с 2011 года на территории Белорусской ГСХА примерно также. И во многих других местах, где мы бывали вместе: Московские вузы и НИИ, Ставропольский ГАУ, Ижевская ГСХА, Брянская ГСХА и др.

Особенно запомнилась поездка на родину Президента Республики Беларусь Лукашенко в ОАО «Александровское» и, конечно же, участие в работе II Съезда ученых Республики Беларусь, который состоялся 12–13 декабря 2017 г. в г. Минске. Не могу не отметить при этом, что мое личное присутствие на этом важнейшем для белорусской науки событии было организовано по инициативе Белорусской ГСХА, которая пригласила меня на Съезд в качестве официального делегата от России.

Наше с Тамарой Филипповной сотрудничество в подготовке научно-педагогических кадров продолжается, таким образом, уже долгие годы и до настоящего времени. Так, например, в 2009 году доктор с.-х. наук, профессор Тамара Филипповна Персикова была официальным оппонентом докторской диссертации Уромовой И. П., подготовленной при научном консультировании доктора с.-х. наук, профессора В. И. Титовой.

В марте 2017 года доктор с.-х. наук, профессор В. И. Титова была приглашена для чтения лекций слушателям педфака в Институт повышения квалификации и подготовки кадров Белорусской ГСХА по темам, касающимся оценки агроэкологического состояния почв и ущерба от их деградации. А в январе 2018 года уже доктор с.-х. наук, профессор Тамара Филипповна Персикова была приглашена в Нижегородскую ГСХА для чтения курса лекций о состоянии сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь, перспективах его развития, а также возможностей участия в этом процессе почвоведческой и агрохимической наук.

Связь поколений сохраняется и по сей день...

Но все в этой жизни начинается с начала ...

Мы, сегодняшние, благодарим наших Учителей за то, что они были ...

ЖИЗНЕННЫЙ И ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ ПРОФЕССОРА ТЮЛЬПАНОВА ВАДИМА ИВАНОВИЧА

В. С. ЦХОВРЕБОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь, Россия



В 2018 году исполнилось бы 87 лет со дня рождения выдающегося учёного-почвоведа, талантливого педагога и прекрасного, чистого душой человека Тюльпанова Вадима Ивановича. Долгие годы (1962–2003 гг.) он работал в Ставропольском сельхозинституте, в последствии агроуниверситете, на кафедре почвоведения. С 1977 по 2000 гг. заведовал этой кафедрой, которая в настоящий момент носит его имя.

Вадим Иванович Тюльпанов родился 26 июня 1923 года в г. Самарканде в Узбекистане в семье служащего. Отец Иван Никандрович – бухгалтер, экономист, мать Антонина Алексеевна – учительница начальных классов. Родина родителей Вадима – г. Тихвин Ленинградской области.

После революции 1917 г. оба работали в г. Ленинграде, где и поженились. В 1920 г. отец Иван Никандрович был направлен в Туркестанский военный округ. В 1922 г. уволен по демобилизации из Красной Армии, но остался работать бухгалтером в гражданских организациях Узбекской ССР. Там, в г. Самарканде родился 2-й ребёнок, сын Вадим. По семейным обстоятельствам (болезнь дочери) семья переехала на Кавказ в г. Невинномысск, где началось строительство Невинномысского канала.

Отец устроился на работу главным бухгалтером строительного участка. 1941 год – Великая Отечественная война.

Вадиму 10 лет. Добрый, трудолюбивый подросток рано повзрослел.

Отец, уходя на фронт, сказал Вадиму: сынок, ты теперь единственный взрослый мужчина в семье. Помогай маме, что он и делал с большой ответственностью. Матери было очень трудно: ведь в семье остались ещё два младших 3- и 1,5-годовалых ребёнка.

Было тяжелое время. В 1942–43 г. – очень холодная зима. Вместе с другими мальчиками работал пастухом: пасли коров из местного «заготскота». За работу – пол-литровая баночка кукурузы (в день), которую он молол на домашней крупорушке и варил для братьев- кашу-мамалыгу.

Главным в семье в это время был Вадим. Между тем он хорошо учился в школе, делая уроки по вечерам при лампе-коптилке. Конец войне!

Отец вернулся живым и вновь приступил к работе на прежнем месте в управлении строительства Невинномысского канала.

По мере продвижения строительства канала семья переезжала из села в село.

Еще в школьные годы он проявлял большой интерес к естественным наукам, особенно к геологии и почвоведению. В 1951 г. Окончив успешно 10 классов средней школы № 5 г. Невинномысска, он поступил на агрономический факультет Ставропольского сельскохозяйственного института, который закончил в 1956 г.

С 1956 по 1958 гг. В. И. Тюльпанов – главный агроном одного из хозяйств Хабаровского края, куда был направлен по распределению после окончания института. Затем вернулся в Ставропольский край с. Тахту, где в это время жили родители. С 1958 по 1966 гг. он – агроном, а затем главный агроном совхоза «Тахтинский» Ипатовского района Ставропольского края.

Богатый практический опыт очень помог Вадиму Ивановичу в научной работе, когда он с 1962 по 1965 гг. проходил обучение в очной аспирантуре Ставропольского сельскохозяйственного института. По окончании аспирантуры он успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Условия развития и особенности солонцов на элювии третичных отложений Ставропольской возвышенности в связи с вопросами их рационального использования». В 1966 г. ему была присвоена степень кандидата сельскохозяйственных наук.

С 3 мая 1965 г. он ассистент кафедры почвоведения. 1 сентября 1967 г. Вадим Иванович был избран на должность старшего преподавателя. С 26 декабря 1968 г. он доцент, а с 1 июля 1977 г. – заведующий кафедрой почвоведения. В этой должности он проработал до октября 2000 г.

С 1970 по 1972 гг. Вадим Иванович был командирован в республику Куба в качестве консультанта по организации учебного процесса в технологическом институте провинции Гавана и для чтения лекций по почвоведению и агрономии. Здесь им было опубликовано три монографии по проблемам генезиса тропических почв, особенностям почвообразования на породах различного генезиса и использовании почв в сельском хозяйстве. На примере Кубы он раскрыл общие пути формирования почв и трансформации почвообразующих пород разного генезиса и состава в условиях тропиков.

После Кубы – снова родной институт. 21 июня 1993 г. Вадим Иванович защищает докторскую диссертацию на тему «Особенности выветривания и

почвообразования на породах различного генезиса». В этой работе выветривание минеральной основы почвообразующих пород рассматривается как результат жизнедеятельности микроорганизмов, главным образом фототрофов. На примере отдельных почв тропиков, развитых на серпентините и известняках, а также солонцовых почв Центрального Предкавказья на элювии третичных глин он показал ход перестройки минеральной массы почвы на различных эволюционных этапах почвообразования. В диссертации Вадим Иванович обосновывает необходимость периодической реминерализации почв тропиков на поздних стадиях развития с целью повышения их плодородия.

В октябре 1993 г. Вадиму Ивановичу Тюльпанову была присуждена степень доктора биологических наук, а в апреле 1994 г. – звание профессора.

За время творческой деятельности им опубликовано 124 работы, в том числе 4 монографии. В 2002 г. в соавторстве с видными почвоведом юга России издан учебник «Почвоведение (почвы Северного Кавказа)». В 2003 г. при его активном участии опубликован практикум по почвоведению. Вадимом Ивановичем Тюльпановым определены конкретные пути по предотвращению снижения плодородия пахотных почв, которые легли в основу практического земледелия юга России; разработана система мероприятий по защите черноземов от переувлажнения и слитизации.

Вадим Иванович отличался широтой научных интересов. Он был хорошо знаком с такими смежными дисциплинами как геология, микробиология, агрометеорология. По этим разделам знаний он в разные годы читал специальные курсы лекций.

Он пользовался уважением многих поколений агрономов, всегда стремился к совместной работе с ними. Его труды широко известны в России. Они отличаются высоким теоретическим и практическим смыслом.

Вадим Иванович создал научную школу генетического почвоведения. Среди его учеников, активно работающих в науке и практике, не только преподаватели кафедры и факультета, но и представители других государств – Индии, Сирии, Гвинеи. Всего им подготовлено 15 кандидатов наук. Долгие годы (с 1978 по 2000 гг.) он являлся руководителем регионального отделения общества почвоведов.

Вадим Иванович Тюльпанов оставил неизгладимый след в науке о почве. Он поднял её на новый качественный уровень и его выводы и разработки будут актуальны и востребованы, по крайней мере, в ближайшие столетия.

Своим главным достижением в науке он считал разработку теории почвообразовательного процесса с позиций электрохимии, что позволяет:

- 1) расшифровать механизм окислительно-восстановительных реакций при почвообразовании и выветривании;
- 2) установить причины снижения почвенного плодородия в эволюционном ряду развития почвы с момента начала почвообразовательного процесса до ее естественной гибели;
- 3) осознанно решать проблему повышения плодородия различных почв на отдельных стадиях развития с наименьшими материальными и экономическими затратами.

На этой основе разработаны и проверены на практике в длительных стационарных полевых опытах агрогеохимические приемы восстановления плодородия деградированных почв различных типов и подтипов. Главной причиной деградации почвенного плодородия является стадийные изменения минеральной основы почвы, что сказывается на динамическом изменении ее физических, химических и биологических свойств. Установлено, что плодородие деградированных почв можно быстро восстановить и повысить в 1,5–3 раза путем периодического (раз в 8–15 лет) обновления ее минеральной основы внесением определенных доз и сочетаний измельченных (муки) горных пород.

Основные достижения многолетней, кропотливой и неутомимой работы изложены в следующих выводах:

Процесс почвообразования един и нет никаких почвообразовательных процессов. Есть особенности в направленности почвообразования, обусловленные составом и качеством материнских пород, климатом, рельефом. Суть почвообразования в биологическом выветривании, накоплении и преобразовании продуктов выветривания минеральной и органической материй.

Эволюция минеральной массы почвообразующей породы при выветривании и почвообразовании во времени зависит от ее генезиса, минерального состава, реакции среды в зоне выветривания, степени дренажа и скорости выноса подвижных продуктов почвообразовательного процесса.

Почвообразование во времени протекает стадийно. В зависимости от генезиса, минерального состава, текстуры и структуры почвообразующей породы, других факторов и условий выветривания для каждой стадии характерна остаточная и вторичная типоморфная ассоциация минералов, которые во многом определяют внешнюю форму и внутреннее содержание почвенного тела, его производительность.

Степень слитости солонцов зависит не столько от содержания обменного натрия, сколько от качественного и количественного содержания минералов фракции ила в горизонте В₁.

Мероприятия по повышению плодородия почв должны учитывать степень изменения минеральной основы почвы. На поздних стадиях развития почвы без коренного омоложения минеральной основы, снижение урожайности и качества продукции растениеводства неизбежны.

Вадим Иванович был не только выдающимся ученым и педагогом. Он глубоко понимал практиков сельского хозяйства, был доброжелательным и мудрым человеком, бескорыстно поддерживал, направлял, много помогал молодежи и всем тем, кто был связан с ним в жизни.

Светлая память о Вадиме Ивановиче Тюльпанове навсегда сохранится в сердцах тех, кто знал, сотрудничал или был знаком с этим незаурядным, талантливым и богатым душой человеком.

УДК 631.10

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И pH ПРОМЫВНЫХ ВОД ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОУГЛЯ В ОРГАНОГЕННЫЙ ГОРИЗОНТ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Т. В. АБРАМОВА, аспирант
Агрофизический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург, Россия

Влияние биоугля на подвижность питательных веществ в сельскохозяйственных почвах к настоящему времени еще недостаточно изучено [1].

Влияние добавления биоугля на выщелачивание питательных веществ является следствием сложных химических, физических и биологических процессов, происходящих внутри почвы. Некоторые питательные вещества добавляются из самого биоугля и могут внести свой вклад в фонд потенциально подверженных выщелачиванию питательных веществ в почве. Питательные вещества, добавляемые в почву в качестве химических удобрений или с навозом, также способствуют созданию фонда потенциально выщелачиваемых питательных веществ; и почвенно-растительная система содержит значительный резервуар питательных веществ как в органической, так и в неорганической форме. Выщелачиваются ли питательные вещества из источника или сохраняются в объеме почвы, зависит от того, в какой степени эти питательные вещества остаются в почвенном растворе, адсорбируются на поверхностях частиц почвы, осаждаются в виде нерастворимых или малорастворимых неорганических фаз, сохраняются в неподвижных почвенных водах или включаются в органическое вещество почвы. Вымывание питательных веществ зависит от биологических процессов; наличия единой системы корень-микориза под многолетними культурами, которая является весьма эффективной для сбора и утилизации питательных веществ; в то время как питательные вещества имеют гораздо больше шансов быть выщелоченными из почв, которые оставляют под паром в течение 7 и более месяцев в году. Наконец, климат играет важную роль в выщелачивании питательных веществ. Регионы с высоким количеством осадков гораздо более уязвимы для выщелачивания питательных веществ, чем засушливые регионы, где потенциальное испарение превышает количество осадков.

Большинство биоуглей имеют щелочные свойства и могут увеличить pH почвы, являющимся основным фактором, влияющим на растворимость и, следовательно, на выщелачиваемость многих питательных веществ. Большинство биоуглей имеют высокую способность к адсорбции биогенных органических молекул, которые содержат хорошо минерализующиеся питательные вещества. Адсорбция органических соединений уменьшает выщелачивание питательных веществ, связанных с органическим веществом, однако адсорбированные органические соединения являются субстратом для микроорганизмов, которые могут увеличить круговорот питательных веществ и минерализацию органических связанных питательных веществ. Соосаждение PO_4^{3-} с Ca^{2+} , добавленных с биоуглем или присутствующих в почвенном растворе, может уменьшить выщелачивание [2].

D. Laird et al., [3] изучал воздействие биоугля на выщелачивание питательных веществ из почв после применения свиного навоза на типичных среднезападных сельскохозяйственных почвах. Измерения показали значительное снижение общего количества N, P, Mg и Si, которые выщелачивались из почв с навозом при внесении биоугля, хотя сам биоуголь добавил значительное количество этих питательных веществ в почву. При внесении 20 г кг^{-1} обработанного биоугля содержание общего N и общего растворенного P в промывных водах снижалось на 11 % и 69 %, соответственно, по сравнению с почвами, в которые вносили навоз без биоугля. На основе результатов этих экспериментов можно предположить, что внесение биоугля в почву может быть эффективным способом управления почвенными элементами питания в сельскохозяйственном производстве.

Исследования проводили в лабораторном эксперименте при средней температуре воздуха 20°C и средней влажности воздуха 30 %. Для исследований использовали органогенный горизонт дерново-подзолистой супесчаной почвы Меньковского филиала ФГБНУ АФИ и мелкую фракцию ($< 1 \text{ мм}$) биоугля, полученного из древесины широколиственных деревьев.

Опыт включал 4 варианта: почва (П); почва + биоуголь 20 т га⁻¹ (ПБ); почва + удобрение: 120 кг N га⁻¹, 135,2 кг P га⁻¹, 259 кг K га⁻¹ (ПУ); почва + биоуголь 20 т га⁻¹+ удобрение: 120 кг N га⁻¹, 135,2 кг P га⁻¹, 259 кг K га⁻¹ (ПБУ).

В пластмассовые цилиндры объемом 940 мл и высотой 12 см закладывали почву с плотностью сложения 1,3 г см⁻³. При этом верхние 8 см почвы в цилиндрах перемешивали с биоуглем и удобрением. Почва была увлажнена до наименьшей влагоемкости (20 %). Цилиндры с почвой взвешивали и оставляли для стабилизации на 5 суток. После стабилизации цилиндры с почвой снова взвешивали и доводили влажность почвы до наименьшей влагоемкости. В эксперименте почву в цилиндрах на протяжении трех дней поливали высокими дозами воды (345 см³), соответствующими максимально высокому количеству осадков (44 мм), наблюдаемому в естественных условиях. Промывные воды собирали каждый день.

В них определяли концентрацию доступного азота, фосфора, калия и значение pH по стандартным методикам.

Внесение минеральных удобрений в почву приводит к подкислению почвы и почвенного раствора; при одновременном внесении удобрения и биоугля этого не происходит (рис. 1, а). Ранее [4] было показано, что биоуголь, добавленный в кислую почву, увеличивает ее pH на 0,36 и 0,75 единиц при его внесении с удобрениями и без соответственно.

Внесение биоугля в почву одновременно с минеральными удобрениями приводит к закреплению ионов аммиака в почве и более равномерному вымыванию этих ионов с почвенным раствором (рис. 1, б).

Внесение биоугля достоверно не влияет на вымывание из почвы нитрат-ионов (рис. 1, в). Ранее [5] было показано, что малое количество аммонийного азота в почве отнюдь не является свидетельством слабой аммонификации. Известно, что весь нитратный азот в почве образуется за счет окисления имеющегося в ней аммонийного азота. Отсюда следует, что высокая интенсивность нитрификации в почве косвенно свидетельствует об интенсивном образовании в ней аммонийного азота. Однако аммонийный азот не накапливается в большом количестве вследствие интенсивной нитрификации. Также усиление нитрификации происходило из-за изменений физических свойств почвы при внесении биоугля, этим можно объяснить концентрации нитрат-ионов в промывных водах.

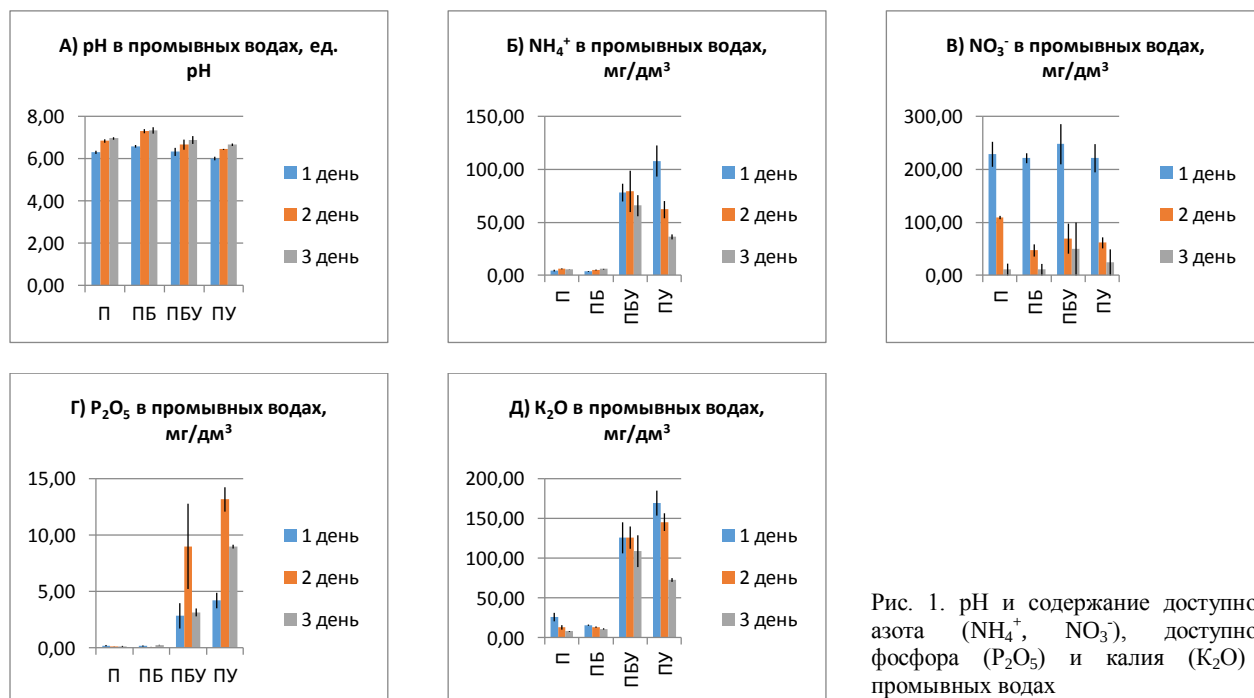


Рис. 1. pH и содержание доступного азота (NH₄⁺, NO₃⁻), доступного фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) в промывных водах

В более ранних работах [6] не было установлено достоверного влияния биоугля на процесс нитрификации в почве легкого гранулометрического состава.

Внесение биоугля в почву одновременно с минеральными удобрениями приводит к снижению содержания подвижного фосфора в почвенном растворе (рис. 1, г).

Как отмечалось ранее, в работе Laird и Rogovska [2], несмотря на большую биодоступность фосфора, наблюдалось снижение его выщелачивания на кислых почвах при внесении биоугля из-за адсорбции биоуглем как НРО₄, так и органических соединений фосфора.

Внесение биоугля в почву одновременно с минеральными удобрениями приводит к закреплению подвижного калия в почве и более равномерному его вымыванию с почвенным раствором (рис. 1, д).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ардашева Т. В., Павлик С. В., Бучкина Н. П. Действие биоугля на pH и содержание макроэлементов в промывных водах из органогенного горизонта дерново-подзолистой супесчаной почвы / Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Агрофизического НИИ «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего». Санкт-Петербург, 27–29 сентября 2017 г. – 2017. – с. 160 – 164.
2. Laird D., Rogovska N.. Biochar effects on nutrient leaching / Biochar for Environmental Management. Science, Technology and Implementation, 2nd Edition. Edited by Johannes Lehmann, Stephen Joseph – 2015. – p. 521 – 538.
3. Laird D., Fleming P., Wang B., Horton R., Karlen D.. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil / Geoderma 158 – 2010. – p. 436 – 442.
4. Lehmann J., da Silva Jr. J. P., Steiner C., Nehls T., Zech W., Glaser B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments / Plant and Soil, vol 249 – 2003. – p. 343–357.
5. Рижия Е. Я., Бучкина Н. П., Мухина И. М., Белинец А. С., Балашов Е. В. Влияние биоугля на свойства образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности (лабораторный эксперимент) / Почвоведение, 2 – 2015. – с. 211–220.
6. Бучкина Н. П., Балашов Е. В., Шимански В., Игаз Д., Хорак Я. Изменение биологических и физических параметров почв разного гранулометрического состава после внесения биоугля / Сельскохозяйственная биология, 3 – 2017 – с. 471-477.

УДК 631.47

О НАПРАВЛЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Т. Н. АЗАРЕНОК, С. В. ШУЛЬГИНА, Л. И. ШИБУТ, О. В. МАТЫЧЕНКОВА,
Д. В. МАТЫЧЕНКОВ, канд. с.-х. наук, доценты
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

Трансформацию органогенных почв под влиянием антропогенных факторов (агромелиоративные, пирогенные и др. воздействия) следует рассматривать как один из этапов скачкообразной эволюции в условиях конкретного ландшафта, которая неразрывно связана с изменением экологических условий, в равновесии с которыми находится на определенном этапе своего развития. С ростом интенсивности антропогенных воздействий на органогенные почвы изменяется форма проявления, направленность и темпы почвообразовательных процессов и почва принимает качественно новое состояние.

А. С. Керженцев [1] отмечал, что эволюция почвы – это необратимые поступательные изменения диагностических признаков, сопровождающиеся образованием новых для данной территории почвенных таксонов. А. А. Роде [2] предложил считать эволюционно значимыми лишь те изменения почвы, которые позволяют констатировать изменения ее систематического (классификационного) положения. Как отмечает И. И. Васенев [3], в настоящее время антропогенные факторы выступают причиной наблюдаемой эволюции почв в рамках средневременных изменений ($n \cdot 10^{1-2}$ лет).

Территории Беларуси является уникальным регионом с высоким удельным весом торфяных почв в составе сельскохозяйственных земель – 7,8 % [4].

Органогенные почвы – неустойчивые образования, эволюционная изменчивость которых идет по пути количественного и качественного уменьшения содержания органического вещества (ОВ). Однако их использование, как базисной основы для интенсивной хозяйственной деятельности, способствует формированию почвенных объектов, ранее не существовавших в природных условиях, отличных от их агроестественных аналогов, характеризующихся разной степенью преобразования морфологического профиля и генетических свойств.

В настоящее время в республике накоплена обширная научная информация по изучению изменений состава, свойств, производительной способности маломощных торфяных низинных почв в результате длительного сельскохозяйственного использования с последующим формированием деградированных почв с различным содержанием ОВ 50,0–5,1 % [5–10 и др.].

Систематическое проведение агромелиоративных мероприятий на осушенных землях с высоким удельным весом торфяных маломощных и торфяно-глеевых почв, приводит к перемешиванию верхних слоев исходных почв и формированию горизонтов, представляющих собой неоднородный субстрат – смесь органогенной с минеральной породой, которые залегают непосредственно на минеральной остаточно-оглеенной толще или торфе. Происходит формирование почв с новыми типодиагностическими горизонтами (антропогенно-перемешанными) [6, 8, 9] различной мощности, образованных на месте органогенных с заведомо низким содержанием органического вещества.

Так, на луговых землях ОАО «Велута» Лунинецкого района Брестской области установлено формирование среднедеформированных минеральных остаточно-торфяных почв, свойства которых представлены разрезом №20–16 (таблица).

Показатели физико-химических и агрохимических свойств среднедеформированной минеральной остаточно-торфяной почвы (разрез №20-16)

Генетический горизонт, глубина отбора образца, см	pH _{KCl}	Hr ⁺	S	T	Содержание подвижных		ОВ
					P ₂ O ₅	K ₂ O	
			смоль(+)-кг ⁻¹		мг/кг		%
РД ₁ (10-15)	5,3	10,5	10,4	20,9	42,5	91,6	7,86
РД ₂ (35-45)	5,4	10,5	10,4	20,9	68,5	78,9	9,56
Т (45-47)	5,5	10,5	21,2	31,7	265,3	89,6	21,55
В _а (85-95)	5,6	0,7	0,1	0,8	84,7	27,1	-

Сравнительный анализ разновременных данных (1998–2016 гг. обследования) показал снижение значений содержания ОВ в пахотном горизонте среднедеформированной почвы в 7,0–8,5 раз (в 1998 г. значения ОВ составляли 65,94±11,94, n=61), суммы поглощенных оснований в 8,7 раза, емкости поглощения в 12,2 раза, степени насыщенности основаниями в 7,2 раза, содержания подвижных фосфора и калия соответственно в 5,2–8,4 и в 3,9–4,5 раза по сравнению с агроестественным аналогом – исходной торфяно-глеевой почвой.

Изменения свойств подобной направленности характерны и для агроторфяной поверхностно-перемешанной минеральной остаточно-торфяной почвы, формирование которой установлено на луговых землях ОАО «Рапс» Минского района.

Особенную актуальность приобретают сведения о составе и свойствах органогенных почв, испытавших пирогенное воздействие. Ареалы пожаров на массивах распространения органогенных почв приобретают тенденцию к существенному увеличению. В результате происходит процесс их трансформации в новые эволюционные стадии состояния и функционирования с прерыванием накопления ОВ.

На территории сельскохозяйственных земель ОАО «Следюки» Быховского района Могилевской области на месте торфяных маломощных и торфяно-глеевых почв в результате пирогенного воздействия получили распространение выгоревшие торфяные и постторфяные почвы. Показатели кислотности этих почв (рН в KCl) изменяются от «близких к нейтральным» до «слабощелочной», суммы поглощенных оснований, емкости поглощения снижаются в 1,1–2,5 и 1,1–3,5 раза соответственно, содержание органического вещества уменьшается в 5–180 раз, содержание подвижных форм фосфора и калия – в 2–3 раза.

Все типовое разнообразие органогенных почв [5, 6, 8, 11], подвергшихся антропогенному изменению, в настоящее время объективно отражается на крупномасштабных почвенных картах.

Негативная направленность изменения морфологических и физико-химических свойств органогенных почв способствует повышению неоднородности почвенного покрова, снижению продуктивности сельскохозяйственных культур (многолетних трав, зерновых и кормовых культур) в среднем на 10–70 %, и находит свое подтверждение в шкале оценочных баллов плодородия почв, разработанной для II тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель республики, проведенного в 2009–2015 гг. [12].

Показатели плодородия почв с агроторфяно-минеральными горизонтами с содержанием ОВ (<20,0 %) в 1,7–2,3, выгоревших торфяных и постторфяных в 1,5–2,0 раза ниже исходных торфяных маломощных почв: 34,8–25,8 и 43,8–28,2 баллов соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Керженцев, А. С. Категории пространственно-временной изменчивости почв / А. С. Керженцев // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов, Новосибирск, 14-18 авг. 1989 г. / Новосибир. Гос. Ун-т; под ред. Б. В. Полюнова [и др.]. – Новосибирск, 1989. – С. 19.
2. Роде, А. А. Генезис почв и современные процессы почвообразования / А. А. Роде. – М.: Наука, 1984. – С. 56–92.
3. Васенев, И. И. Почвенные сукцессии как форма эволюции почв таежных и антропогенно измененных лесостепных экосистем: автореф. ... дис. д-ра с.-х. наук: 03.00.27 и 03.00.16 / И. И. Васенев. – МГУ, Москва, 2003. – 49 с.
4. Осушенные торфяные и дегроторфяные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практическое пособие» / В. В. Лапа и др.; под общ. ред. В. В. Лапа; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 215 с.
5. Методические указания по диагностике и классификации почв, образовавшихся после сработки торфа (для целей крупномасштабного картографирования) / Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон, А. Ф. Черныш. – Минск, 1991. – 8 с.
6. Смеян, Н. И. Методические указания по полевому исследованию и картографированию антропогенно-преобразованных почв Беларуси / Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон, И. И. Бубен. – Минск, 2001. – 19 с.

7. Азаренок, Т. Н. Агроэкологические особенности антропогенной трансформации состава и свойств осушенных агроторфяных почв Беларуси / Т. Н. Азаренок, С. В. Шульгина // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 5 (108). – С. 3–6.
8. Цытрон, Г. С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г. С. Цытрон // РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2004. – 124 с.
9. Смеян, Н. И. Классификация и диагностика почв объектов гидротехнической мелиорации / Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон, Т. Н. Азаренок // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и перспективы: доклады Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–22 марта 2007 г. / Ин-т мелиорации; редкол.: А. П. Лихацевич [и др.]. – Минск, 2007. – С. 317–320.
10. Семененко, Н. Н. Торфяно-болотные почвы Полесья. Трансформация и пути эффективного использования / Н. Н. Семененко. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 282 с.
11. Примерный номенклатурный список почв / Г. С. Цытрон [и др.] // РУП «Институт почвоведения и агрохимии», РУП «Проектный Институт Белгипрозем». – Минск, 2013. – 64 с.
12. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / Г. М. Мороз [и др.]; под ред. Г. М. Мороза и В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.

УДК 631.51(470.630)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ (НА ПРИМЕРЕ АО «АГРОХЛЕБОПРОДУКТ» ФИЛИАЛ «АГРОКЕВСАЛИНСКИЙ»)

М. Ю. АЗАРОВА, аспирант,
Е. В. ПИСЬМЕННАЯ, канд. геог. наук, доцент
Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация

Зерновое производство Юга России требует освоения и внедрения ресурсосберегающих технологий и сортов озимой пшеницы, адаптированных к почвенно-климатическим условиям региона. Выбор той или иной обработки почвы, в свою очередь, зависит от уровня плодородия почвы, агрометеорологических условий, биологических особенностей ведущей товарной культуры севооборота и т. д. [1].

С 2016 г. по настоящее время проводится исследование влияния традиционной обработки почвы на агрохимическое и агрофизическое состояние почвенного покрова при возделывании озимой пшеницы (Багира, Зустріч, Писанка) в засушливых условиях Ипатовского района Ставропольского края. Для этого в многолетнем стационарном опыте на черноземе южном карбонатном озимую пшеницу высевает после гороха и озимой пшеницы на 7 рабочих полях общей площадью 494,78 га в хозяйстве ООО НПО «Агропарк «Красочное»».

Природные условия почвообразования территории исследования довольно однообразны и характеризуются следующими почвенно-климатическими особенностями:

1. Резко-континентальный засушливый климат с короткой и мягкой зимой и высокими температурами летом.
2. Малое количество атмосферных осадков (421 мм).
3. Минерализация органического вещества преобладает над процессами гумификации.
4. Длительный вегетационный период (262 сут) [2].

Анализ структурного состава почв показал, что черноземы южные имеют тяжелосуглинистый состав. Содержание физической глины в пахотном слое тяжелосуглинистых разновидностей составляет 53,6–54,6 %, при явном преобладании частиц пыли – 64,5–65,7 %, ила – 29,6–30,3 %, песка – 4,0–5,9 %.

Плотность почвы в А+В 1,24–1,40 г/см³, ниже в переходном горизонте и в материнской породе – 1,39–1,43 г/см³.

Описываемые почвы характеризуются неудовлетворительным структурным составом пахотного слоя и хорошим подпахотного. Высокая плотность пахотного слоя объясняется его распыленностью (отсутствием структуры почвы) и наличием плужной подошвы (подпахотный слой почвы, уплотненный и затвердевший в результате повторяющейся вспашки плугом всегда на одну и ту же глубину, что препятствует проникновению корней и инфильтрации воды вниз) [3].

Перед закладкой опыта было проведено агрохимическое обследование территории по основным агрохимическим показателям, представленным в табл. 1.

Таблица 1. Агрохимическое обследование полей (содержание в слое почвы 0–20 см), мг/кг почвы

Номер поля	Площадь	2016 г.			
		pH	гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	107,04	8,5	2,8	25,0	577,0
2	109,49	8,5	3,1	21,0	559,0
3	72,82	8,4	2,7	21,0	400,0
4	70,01	8,4	3,1	20,0	509,0
5	72,16	8,4	2,9	16,0	420,0
6	35,1	8,4	2,9	15,0	394,0
7	27,8	8,3	2,7	14,0	332,0

В ходе опыта изучалось изменение урожайности озимой пшеницы в следующих звеньях севооборотов:

№ 1: озимая пшеница – горох – озимая пшеница, возделываемом на полях 1–4,

№ 2: горох – озимая пшеница – озимая пшеница, возделываемом на полях 5–7.

Основными сортами, выращиваемыми на опытных полях, стали:

1. Багира (st) – остистый сорт озимой мягкой пшеницы, созданный путем многократного индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной ступенчатой гибридизацией.

2. Зустріч – универсальный тип озимой пшеницы, относится к степному экотипу с высокой экологической пластичностью и засухоустойчивостью.

3. Писанка отличается ксеноморфной структурой, что позволяет ей очень быстро адаптироваться к засушливым климатическим условиям, преобладающим в степной зоне Юга России.

Сроки посева культур определяются по агроклиматическим условиям каждой агроклиматической зоны и возможностью их сдвига на более поздние сроки. Нормы высева составляют 5 млн всхожих семян на 1 гектар. Технология возделывания озимой пшеницы приведена в табл. 2.

Таблица 2. Технология возделывания озимой пшеницы в опыте, 2016–2018 г.

Наименование работ	Состав агрегата	
	трактор	с.-х. машина
Лущение стерни (6–8 см)	Buhler	SALFORD 870-24.8
Лущение (10–14 см)	Buhler	SALFORD 870-24.8
Культивация (8–10 см)	Buhler	SALFORD 870-24.8
Предпосевная культивация (6–8 см)	Buhler	SALFORD 870-24.8
Подвоз семян	MT3-80	ПТС-4
Сев озимой пшеницы	Buhler	John Deere 1745
Припосевная подкормка аммиачной селитрой (100 кг/га)	Buhler	John Deere 1745
Прикорневая подкормка аммиачной селитрой (100 кг/га)	MT3-1221	Amazone
Подкормка КАС (100 кг/га)	MT3-80	ОП-2000
Уборка урожая	CLAAS	
Вывоз урожая с поля	KAMAZ	

В 2018 г. было проведено повторное агрохимическое обследование (табл. 3), которое показало, что за исследуемый период (2016–2018 гг.) содержание показателей (гумуса, фосфора, калия и реакции почвенного раствора) снизилось. Такое ухудшение агрохимического состояния почвы произошло вследствие выноса элементов питания без достаточного восполнения почвенного плодородия, а также сложности их почвенной миграции вследствие формирования плужной подошвы, которая формируется за счет рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов и/или движущихся систем машинно-тракторных агрегатов (МТА). Существенно влияние на ускорение этого процесса играет нарушение требований по проведению полевых работ: при заходе техники на поле при влажности почвы более 90 % полевой влагоемкости.

Таблица 3. Агрохимическое обследование полей (содержание в слое почвы 0–20 см), мг/кг почвы

Номер поля	Площадь	2018 г.			
		pH	гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	107,04	7,8	2,7	39,0	315,0
2	109,49	7,9	2,9	38,0	298,0
3	72,82	7,9	2,6	38,0	275,0
4	70,01	7,8	2,9	35,0	283,0
5	72,16	7,8	2,7	31,0	276,0
6	35,1	7,8	2,7	31,0	271,0
7	27,8	7,8	2,6	30,0	259,0

Кроме того, формирование плужной подошвы связано с почвенными процессами. Рост количества пылевидных частиц (по данным агрофизического анализа 64,5–65,7 %) отмечается разрушением почвенной структуры. Эти частицы промываются вниз и аккумулируются на границе пахотного и подпахотного слоев. Закупорка грунтовых щелей и межагрегатного пространства в этой зоне приводит к формированию водоупорного и водонепроницаемого слоев – плужной подошвы.

Переуплотнение почвы в пахотном слое приводит к ухудшению течения физиологических процессов роста и развития озимой пшеницы. Растения становятся более чувствительными к метеорологическим условиям: периодическому проявлению засухи или переувлажнения. Нестабильность водного режима приводит к ухудшению усвоения элементов питания возделываемой культуры. Кроме того, выращивание озимой пшеницы требует систематического применения МТА и тяжелого транспорта для вывоза урожая. Несмотря на то, что в технологии производства этой культуры часть механических обработок, направленных на борьбу с сорняками, заменена внесением гербицидов, почва в процессе вегетации культуры продолжает испытывать значительную нагрузку [4].

Для устранения сложившихся условий рекомендуется изменить обработку почвы на чизельную – рыхление почвы без ее переворачивания. Такое рыхление способствует влагонакоплению, и соответственно более легкому проникновению минеральных и органических удобрений в самые глубокие почвенные слои. Проводимые исследования показали прямую зависимость между ухудшением агрохимического и агрофизического состояния почвенного покрова и снижением урожайности озимой пшеницы [5].

Поэтому важнейшим рычагом регулирования урожайности озимой пшеницы в хозяйстве является своевременное и качественное проведение агрохимических, агротехнических и агротехнических мероприятий, адаптированных к почвенно-климатическим условиям агропредприятия. Только совместное выполнение всех рекомендаций поспособствует получению высоких и качественных урожаев основной продовольственной культуры Юга России – озимой пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Письменная, Е. В. Влияние управленческих действий на экологизацию аграрного землепользования Северо-Кавказского региона / Е. В. Письменная, Л. В. Кипа // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ. – 2018. – С. 496–498.
2. Лошаков, А. В. Состояние и использование земельного фонда Ставропольского края / А. В. Лошаков // Экономика и экология территориальных образований. – 2018. – Т. 2. – № 2. – С. 114–123.
3. Письменная, Е. В. Актуальные вопросы эколого-экономического функционирования аграрного землепользования в условиях АПК / Е. В. Письменная // Проблемы рационального природопользования и пути их решения: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию ФГБОУ ВО «ДГТУ». – 2018. – С. 86–91.
4. Мониторинг и рациональное использование пахотных земель Ставропольского края / В. В. Косинский, П. В. Ключин, С. В. Савинова, А. В. Лошаков // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2017. - № 9 (152). – С. 47–55.
5. Малыхина, Т. А. Мониторинг земель Ставропольского края / Т. А. Малыхина, И. В. Шатеева // Молодежь, наука, творчество 2018. – 2018. – С. 146–148.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОРОШЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Н. И. АЛЕШИНА, канд. с.-х. наук, доцент,
И. В. ГЕФКЕ, канд. с.-х. наук, доцент
ВО Алтайский ГАУ,
г. Барнаул, Алтайский край, Россия

Очистка и утилизация сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО) является одним из способов их использования.

При утилизации сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения санитарно-бактериологическое их очищение обусловлено механическими физико-химическими и биологическими факторами. Поглощенные почвой микроорганизмы частично входят в состав повышенного биоценоза в качестве активных компонентов биологических процессов. Интенсивность поглощения зависит от гранулометрического состава почвы, вида микроорганизмов, их количества и подвижности, pH среды, состава почвенного раствора и других условий. Важную роль в санитарно-

бактериологическом самоочищении почвы от патогенных организмов играют ферменты, водно-воздушный, тепловой режим, активность ризосферы культурных растений [1, 2].

Целью исследования является изучение изменения физических свойств почвы при орошении сточными водами для использования их на сельскохозяйственных полях орошения.

Задачи исследований: 1) экспериментально определить физические свойства почвы на орошаемом участке; 2) исследовать динамику физических свойств почвы при орошении сточными водами на ЗПО по различным схемам опыта.

Исследования проводили на орошаемом опытно-производственном участке и полях фильтрации, расположенных в границах землепользования ОАО «Колпаковский» Алейского района Алтайского края. Площадь участка равна 146 га, в том числе варианты опыта занимают 45 га. Объектом являлся чернозем обыкновенный, умеренно-засушливой и колючей степи Предалтайской провинции.

Для изучения общих физических свойств почвы были заложены на опытном участке почвенные разрезы. Для отбора почвенных образцов использовали почвенные буры, при помощи которых осуществляли отбор почвы через 10 см до 60 см. Физические свойства почв определяли общепринятыми методиками: плотность сложения (ρ) – методом режущего кольца; плотность твердой фазы (d) – пикнометрическим методом; общую порозность – расчетным методом по формуле: $P = (1 - \rho/d) \cdot 100 \%$. Гранулометрический и микроагрегатный состав почвы, а также фактор дисперсности % определяли по методу Н. А. Качинского.

Известно, что от гранулометрического состава почвы во многом зависят её физические, водные, химические, биологические, тепловые и другие свойства.

Результаты определения гранулометрического состава чернозема показывают, что по содержанию суммы фракций менее 0,01 мм в слое 0–60 см почвы по всем четырем вариантам опыта он относится к среднесуглинистым. Следует обратить внимание на увеличение содержания иловатых и крупно-песчаных фракций почв при орошении их сточными водами. Количество агрегатов более 0,25 мм в слое почвы 0–30 см составило в контроле 0,14 %, при орошении сточными водами в вегетационный период – 0,16 %, методом намораживания – 0,18 % и при круглогодичном использовании – 0,21 %. Количество агрегатов менее 0,001 мм в слое почвы 0–30 см соответственно оказалось равно – 19,38; 22,09; 26,62 и 25,88 %.

Орошение особенно заметно приводит к изменению макроагрегатного состава почвы. С характером макроструктуры связываются физические условия в почве, её водный, воздушный, тепловой, микробиологический, питательный режимы, следовательно, и условия жизни растений. Основная роль в структурообразовании принадлежит биологическим факторам – растительности и организмам, населяющим почву. Растительность механически уплотняет почву и разделяет её на комки, и главным образом, участвует в образовании гумуса.

Наиболее сильное оструктурирующее влияние на почву оказывает многолетняя травянистая растительность. Она обладает сильной разветвленной корневой системой, которая образует при разложении большое количество связанного с кальцием и железом гумуса, и там, где создаются благоприятные условия для развития растительности, формируются высокооструктурные почвы.

Для определения влияния полива сточными водами на основные агрофизические свойства черноземов нами были определены плотность твердой фазы и плотность черноземов (табл.).

Плотность сложения определяет основные агрофизические свойства, при орошении сточными водами отмечалась тенденция ее увеличения, как в пахотном слое, так и в подпахотном. В среднем в пахотном слое 0–30 см в контроле без орошения она составляет 1,27 г/см³, в подпахотном слое – 1,29 г/см³, на варианте с вегетационными поливами соответственно – 1,32 и 1,39 г/см³, на варианте с намораживанием – 1,36 и 1,30 г/см³ и с круглогодичным использованием – 1,36 и 1,38 г/см³.

Расчеты показывают, что порозность почвы в контроле без орошения в пахотном горизонте равна 49,63 %, в подпахотном слое она снижается до 47,90 %, на варианте с вегетационными поливами соответственно – 48,83 и 45,0 %, на варианте с намораживанием – 46,9 и 46,2 % и на варианте с круглогодичным использованием сточных вод – 48,6 и 45,95%. В почве в результате длительного орошения сточными водами произошли изменения, увеличилась плотность.

Для более полного представления о влиянии поливов сточными водами на структурные изменения черноземов были выполнены микроагрегатные анализы по методу Н. А. Качинского.

Сопоставляя результаты определения гранулометрического и микроагрегатного анализов черноземов обыкновенных, можно отметить, что поливы сточными водами г. Алейска привели к уменьшению фактора дисперсности по сравнению с контролем (табл.). Так, на варианте с вегетационными поливами фактор дисперсности составил 10,20–13,90%, на варианте с намораживанием – 7,70–10,95 %, с круглогодичным использованием – 7,98–10,53 %, а в контроле без орошения – 7,10–16,50 %.

Фактор дисперсности, плотность твердой фазы и плотность, порозность черноземов обыкновенных

Наименование почвы	Интервал отбора, см	Кол-во ила (< 0,001) при микроагрегатном анализе	Кол-во ила (< 0,001) при гранулометр. анализе	Фактор дисперсности (%) по Н. А. Качинскому	Плотность тверд. фазы почвы, г/см ³	Плотность почвы, г/см ³	Порозность, %
Орошение сточными водами в вегетационный период							
Черноземы обыкновенные среднесуглинистые крупно-пылевато-иловатые	0–10	2,84	20,58	13,80	2,60	1,35	48,10
	10–20	2,40	20,88	11,20	2,65	1,33	49,80
	20–30	2,52	24,80	10,20	2,49	1,28	48,60
	30–40	3,44	24,16	14,20	2,58	1,35	47,70
	40–50	5,68	25,28	22,50	2,48	1,43	42,30
	50–60	5,24	28,20	18,60	2,55	1,46	42,70
Полив сточными водами методом намораживания							
Черноземы обыкновенные среднесуглинистые крупно-пылевато-иловатые	0–10	2,69	24,57	10,95	2,61	1,38	47,10
	10–20	2,22	28,82	7,70	2,59	1,37	47,10
	20–30	2,61	26,48	9,86	2,48	1,33	46,40
	30–40	3,68	22,12	16,63	2,45	1,28	47,80
	40–50	5,76	24,69	23,33	2,36	1,31	44,50
	50–60	5,48	23,29	23,53	2,51	1,46	41,90
Круглогодичное использование сточных вод							
Черноземы обыкновенные среднесуглинистые крупно-пылевато-иловатые	0–10	2,52	25,05	10,05	2,63	1,37	47,90
	10–20	2,10	26,30	7,98	2,65	1,36	48,70
	20–30	2,77	26,30	10,53	2,63	1,34	49,05
	30–40	3,82	25,32	15,09	2,55	1,30	49,02
	40–50	5,97	25,65	23,27	2,51	1,46	41,90
	50–60	5,76	28,11	20,49	2,52	1,38	45,30
Контроль без орошения							
Черноземы обыкновенные среднесуглинистые крупно-пылевато-иловатые	0–10	3,16	19,76	16,00	2,56	1,28	50,00
	10–20	2,60	15,76	16,50	2,43	1,28	48,30
	20–30	1,60	22,64	7,10	2,53	1,25	50,60
	30–40	2,64	24,24	10,90	2,49	1,28	48,60
	40–50	2,96	24,96	11,90	2,44	1,29	47,10
	50–60	2,54	26,44	9,61	2,42	1,37	43,40

Данные по водопроницаемости почв показывают, что этот показатель заметно изменяется во времени, что связано с насыщением ее водой, набуханием почвенных коллоидов, изменением структурного состояния почвы (рис. 1–3).

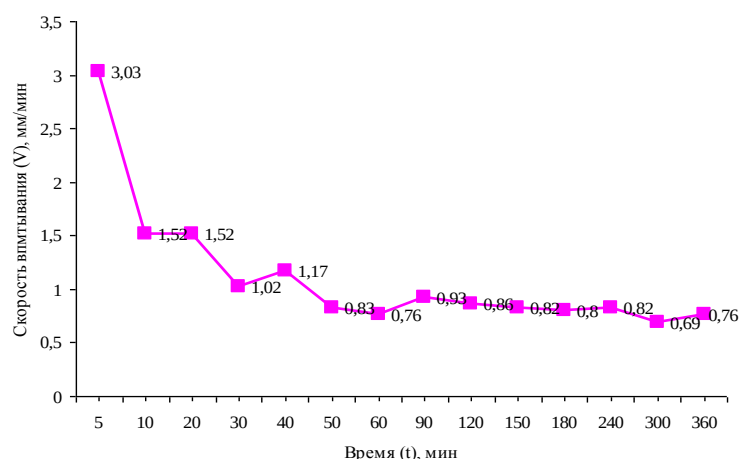


Рис. 1. График изменения скорости впитывания (опыт № 1 – орошаемый участок)

Кроме того, при полном насыщении почвы водой водопроницаемость приобретает более или менее постоянное значение, характеризующее процесс фильтрации.

Следует отметить, что качество результатов определения водопроницаемости тем лучше, чем более почва однородна с поверхности поля и более постоянна во времени, а присутствие поглощенного натрия в почвенном поглощающем комплексе будет способствовать быстрому набуханию почвы, а значит ухудшению водопроницаемости.

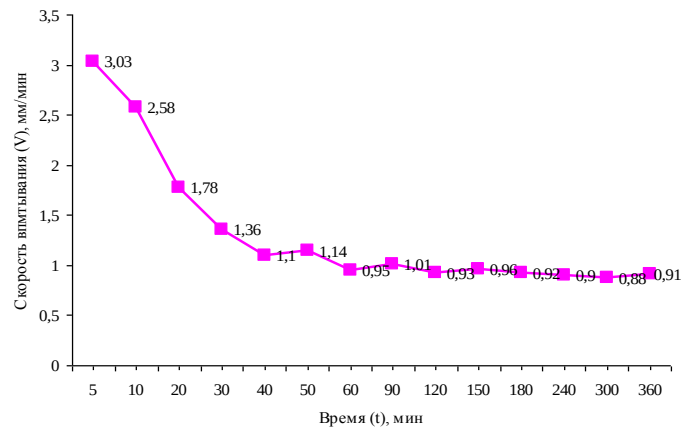


Рис. 2. График изменения скорости впитывания (опыт № 2 – орошаемый участок)

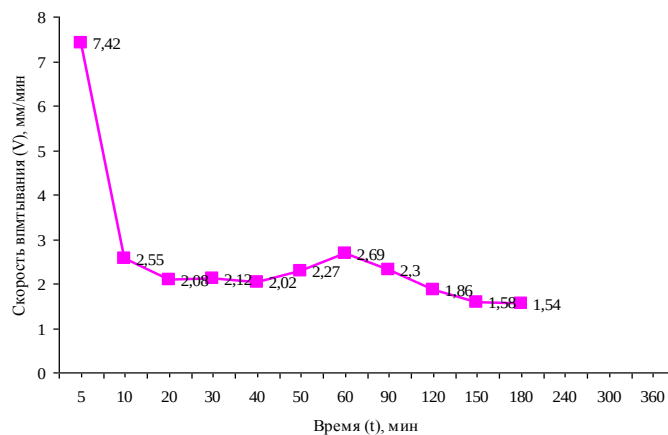


Рис. 3. График изменения скорости впитывания (опыт № 3 – неорошаемый участок)

Почвы опытно-производственного участка, пропускающие за час от 75,80 до 91,10 мм воды при напоре 5 см обладают хорошей водопроницаемостью, а на неорошаемом участке до 161,80 мм – наилучшей [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Требования к качеству сточных вод и их осадков, используемых для орошения и удобрения. – М.: Минсельхозпрод РФ, 1995. – 36 с.
2. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 54 с.
3. Розов А. П. Мелиоративное почвоведение / А. П. Розов. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 439 с.

УДК 633.2:631.52:581:549.67

КЛЕВЕР КАК БИОИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

С. А. БЕКУЗАРОВА, д-р с.-х. наук, профессор,
И. А. ДАТИЕВА, аспирант
Северо-Кавказский НИИ Горного и предгорного сельского хозяйства,
с. Михайловское, РСО-Алания

В статье рассмотрены результаты исследования жизнедеятельности клубеньковых бактерий клевера лугового (*Trifolium pratense*), гибридного (*Trifolium hybridum*), александрийского (*Trifolium alexandrinum*) и инкарнатного (*Trifolium incarnatum*) как экологически чистых биоиндикаторов при оценке токсичности почв. На искусственно зараженных тяжелыми металлами участках почвы (свинцом (Pb), мышьяком (As), ртутью (Hg), фтором (F), цинком (Zn) и кобальтом (Co)) изучали количество клубеньков и их окраску леггемоглобином. Результаты опытов показали, что экологическое бедствие наступает при окрашивании азотфиксирующих клубеньков в пределах 8–15 % и содержании в почве свинца, превышающее предельно допустимые концентрации (ПДК) в 1,2–

1,5 раза. Значительное снижение активности клубеньков наблюдалось при увеличении концентрации ртути в 1,1 раза.

На сегодняшний день, согласно последним данным, количество токсических элементов, загрязняющих окружающую среду, увеличиваются в среднем ежегодно на 4 % и возрастающее распространение техногенных химических соединений, в частности, доз тяжелых металлов в почве, сделало первостепенной задачей выявление наиболее активных загрязняющих веществ. Для решения данной задачи необходимо предложить простые экологически безопасные методы, позволяющие оценить токсичность в условиях естественной среды обитания и снизить затраты на трудоемкие химические анализы [1].

Таковыми биологически чистыми индикаторами, по нашему мнению, могут служить клубеньковые бактерии бобовых культур, расположенные на их корнях. Установлено, что за счет фиксации атмосферного азота бактерии рода *Rhizobium* в симбиозе с бобовыми растениями могут накапливать в зависимости от биологических особенностей культуры от 100 до 600 кг/га связанного азота в год [2]. Вопрос о реальных размерах фиксации азота атмосферы остается до сих пор недостаточно изученным и дискуссионным, а вопрос о методах определения размеров симбиотического азота в полевых условиях – одним из самых актуальных.

Мы предлагаем в качестве таких азотфиксаторов культуры бобовых растений из рода *Trifolium* L. Клевер, как представитель бобовых культур, растет на более кислых почвах и как экологический фактор оказывает влияние на активность и вирулентность клубеньковых бактерий. Определенное значение в симбиозе с клубеньковыми бактериями и бобовыми растениями имеют биологические факторы. Большое внимание уделяется влиянию ризосферной микрофлоры на клубеньковые бактерии, которое имеет как стимуляционный, так и антагонистический характер в зависимости от состава микроорганизмов [3]. Исследованиями Е. Н. Бронь [4], Е. П. Трепачева [6] установлено, что наиболее интенсивно протекает фиксация азота у клевера в период бутонизации – начала цветения, т. е. когда проводят укос. Данные исследований, показывают, что клевер за год фиксирует азота из атмосферы около 150 кг/га [5].

Таким образом, в основу наших исследований легло изучение жизнедеятельности клубеньковых бактерий клевера лугового, гибридного, александрийского и инкарнатного как биоиндикаторов при оценке токсичности почв, зараженных тяжелыми металлами свинца мышьяка, ртути, фтора цинка и кобальта.

Исследования проводились на опытных сельскохозяйственных угодьях в с. Михайловское на базе СКНИИГПСХ в 2016–2018 годах. С целью изучения жизнедеятельности клубеньковых бактерий бобовых трав клеверов многолетних и однолетних видов, мы проводили исследования в естественных фитоценозах и на пахотных землях. Важным свойством бобовых растений является способность фиксировать азот воздуха, а такой показатель, как количество ризобиума на корнях клевера может служить для определения факторов, угнетающих или наоборот, способствующих нормальному росту и развитию растений.

Количество клубеньков и их окраску определяли в 0–20 см слое почвы на корнях бобовых трав. Искусственное заражение почвы осуществляли в начале развития растений клевера и вели наблюдения до фазы бутонизации-цветения, подсчитывая количество клубеньков и их окраску. Отсутствие окраски более 80 % у исследуемых растений оценивали как экологическое бедствие. При окраске в розовый или красный цвет не менее 50 % у изучаемых растений заключали об удовлетворительном состоянии территории. Отсутствие окраски указывает на загрязнение не только почвы, но и воздуха, которым дышат клубеньковые бактерии, фиксируя молекулярный азот.

При биодиагностике учитывали показатели химического состава почвы в корнеобитаемом слое и максимальное формирование количества азотфиксирующих клубеньков. Одновременно сравнивали и предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов при оптимальной влажности почвы. Наличие клубеньков розового или красного цвета свидетельствует о высокой активности азотфиксации. Если клубеньки мелкие и имеют зеленый или бурый цвет, то выводится заключение о загрязненности исследуемого участка. Такая окраска свидетельствует об отсутствии в клубеньках пигмента леггемоглобина, обуславливающего розовую или красную окраску.

В отличие от известных методов, когда определяют химический состав почвы, в нашем методе можно определить токсичность почвы путем окраски клубеньковых бактерий, расположенных на корневой системе бобовых трав. Причем, такую диагностику можно осуществлять в течение всей вегетации: с момента отрастания бобовых трав весной и до фазы цветения.

При наличии в почве избыточного количества токсинов нарушается кислотный режим раствора в корнеобитаемом слое, что приводит к снижению леггемоглобина и азотфиксирующему действию клубеньков, а следовательно, к исчезновению окраски (розовой или красной). Леггемоглобин

связывает азот, регулируя азотный обмен растения. При недостатке леггемоглобина снижается количество белка и урожай семян, а также плодородие почвы.

Отрастание травянистых растений клевера, на корнях которых в 15–20-сантиметровом слое почвы расположены клубеньковые бактерии, фиксирующие атмосферный азот, начинается в системе севооборотов сельскохозяйственных угодий и в естественных фитоценозах, подверженных загрязнению тяжелыми металлами и радионуклидами, при достаточных для микроорганизмов показателях влажности (60–70 %) и тепла (не менее 10–15 °С).

Обоснование выбора периода определения токсичности почвы (спустя 2–3 недели после начала весеннего отрастания) объясняется началом формирования клубеньковых бактерий при оптимальной влажности и температуры. Определять токсичность почвы можно непосредственно на участках по визуальной оценке бобовых растений-биоиндикаторов без лабораторных и химических анализов, что значительно упрощает оценку загрязненности почв.

В различных местах загрязненного свинцом участка, площадью 0,5 га, отбирали пять растений клевера, выкапывая их корневую систему на глубину 15 см. На корнях подсчитывали общее количество клубеньков, выделяя клубеньки с розовой окраской. Растения отбирали при оптимальной влажности почвы (65–70 %) в благоприятных для клубеньковых бактерий условиях, так как в период засухи они фиксируют атмосферный азот недостаточно активно и оценка токсичности может быть неточной. На пяти растениях определяли общее количество клубеньков (826 штук: в среднем 165,2 шт. на 1 растение). При надрезе клубеньков скальпелем розовых оказалось 118 шт., то есть 14,3 %. Из этого заключили, что исследуемый участок относится к 3-й категории («экологическое бедствие»).

При учете активных клубеньков на исследуемом участке мы определяли три категории токсичности почвы:

1. удовлетворительное состояние	при наличии окраски более чем у 50 % клубеньков
2. экологический риск	окраска 20–50 % клубеньков
3. экологическое бедствие	окраска менее 20 % клубеньков

Данную оценку азотфиксации и определение токсичности почвы можно проводить от отрастания ранней весной до фазы цветения. Позднее, в период формирования семян, клубеньковые бактерии снижают способность усвоения атмосферного азота и образования леггемоглобина – основного красителя внутри клубенька.

Спустя две недели после отрастания бобовых трав в естественном фитоценозе, зараженном мышьяком, при влажности почвы 65 %, в восьми точках выкапывали корневую систему растений на глубину 20 см и подсчитывали количество клубеньков на корнях – 612 шт., из которых выделено с окраской 85 шт., то есть 13,9 %. Сделали заключение о принадлежности участка к 3-й категории («экологическое бедствие»).

На участке, загрязненном свинцом и ртутью, при влажности почвы 70 %, спустя 3 недели после весеннего отрастания клевера у 15 растений (по 5 каждого вида) выкапывали корневую систему на глубину 20 см. Общее количество клубеньков разных видов бобовых составило 1835 шт. Из них выделено 156 шт., или 8,5 % с розовой или красной окраской, что классифицировано как «экологическое бедствие».

На участке, загрязненном фтором, отобраны 20 растений клевера, по 5 растений каждого вида. Выкапывали их корневую систему на глубину 15–18 см и подсчитывали количество клубеньков, образовавшихся на корнях растений. Общее количество клубеньков составило 2136 шт., из них выделено окрашенных 862 шт., или 40,4 % (категория «экологический риск»).

На участке, загрязненном цинком и кобальтом, извлекали растения, как и в предыдущих сериях. Общее количество клубеньков на 10 растениях составило 1385 шт., из них окрашены 726 шт., или 52,4 %. Этот показатель классифицировали как «удовлетворительное состояние».

Результаты исследований содержания токсикантов на участках показали, что содержание свинца в почве (48 мг/кг) превышает предельно допустимые концентрации на 16 мг/кг (32мг/кг), содержание доз мышьяка (25 мг/кг) превышает предельно допустимые концентрации на 5 мг/кг (20 мг/кг). Свинец в совокупности со ртутью (2,5 мг/кг) превышает предельно допустимые концентрации (2,0 мг/кг) на 0,5 мг/кг, а фтор (18 мг/кг) – на 8 мг/кг (ПДК – 10). Совокупность цинка+кобальта (37 мг/кг) превышает ПДК на 14 мг/кг (23 мг/кг). Следовательно, наибольшую экологическую угрозу показал вариант содержания в почве доз свинца по сравнению со всеми прочими вариантами эксперимента. Результаты исследований окраски клубеньков составили 14,3 % свинца, что превысило содержание доз мышьяка (13,9 %) и свинца со ртутью (8,5 %). Содержание фтора и цинка+кобальта составило 40,4 % и 52,4 %.

Исходя из совокупности полученных данных, мы приходим к выводу, что экологическое бедствие наступает при окрашивании азотфиксирующих клубеньков в пределах 8–15 % и содержании в почве свинца, превышающем ПДК в 1,2–1,5 раза. Значительное снижение активности клубеньков наблюдалось при увеличении концентрации ртути в 1,1 раза.

Разработанные нами методы азотфиксации однолетних и многолетних видов клевера позволяют повысить точность оценки загрязненной территории и упростить определение её токсичности по методу биотестирования клубеньковых бактерий непосредственно в полевых условиях без дополнительных затрат на химические анализы, а это значит, что клубеньковые бактерии клевера могут служить биоиндикаторами при оценке токсичности почв определенной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекмурзов А. Д., Трифонова М. Ф., Бекузарова С. А. Экологическое значение клубеньковых бактерий бобовых трав. Известия Международной академии аграрного образования. 2015. Т. 1. № 25. С. 18–22.
2. Бекузарова С. А., Лазаров Т. К., Ханиева И. М. Растения - биоиндикаторы окружающей среды. В книге: Экологические аспекты жизнедеятельности человека, животных и растений монография. Белгород, 2017. С. 29–44.
3. Бекузарова С. А., Шабанова И. А. Клевер - биоиндикатор тяжелых металлов. Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 3. С. 297–301.
4. Бронь Е. Н. Накопление биологического азота у одноукосного клевера красного // Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. – 1977. – Т.5. – С. 64–67.
5. Кутузов А. А. Использование биологического азота бобовых трав на культурных пастбищах. – М.: ВИНТИСХ, 1967. – 110 с.
6. Трепачев Е. П. Роль биологического азота в повышении плодородия почвы, урожайности и экономичности сельскохозяйственных культур // Основные условия эффект. применения удобрений. – м., 1983. – С. 225.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ДЕПОНИРОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ИХ ПРОФИЛЕ

Л. В. БОЙЦОВА, канд. биол. наук,
С. В. НЕПРИМЕРОВА, научный сотрудник,
Е. Г. ЗИНЧУК, научный сотрудник
Агрофизический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия

Оценка депонирования углерода в почве должна базироваться на знании гранулометрического и минералогического состава почвы в целом и состава ее илистой фракции. От количественного и качественного состава илистых частиц почвы зависит количество органического углерода, ассоциированного с илистой фракцией. Наиболее активными сорбентами органического вещества являются минералы монтмориллонитовой группы и мусковит. Кварц и полевые шпаты достаточно инертны по отношению к депонированию органического углерода на длительный период времени [1].

Цель работы. Выявить влияние минералогического состава агродерново-подзолистых почв на депонирование органического углерода в их профиле.

Почвенные образцы отобраны на землях Меньковской опытной станции Агрофизического НИИ (Гатчинский р-он, Ленинградская обл.). Почва агродерново-подзолистая, подстиляется моренными отложениями и отличается большой пестротой минералогического состава. В данной работе проанализированы профили 5 разрезов. Разрез 1 заложен на сенокосе, 2–5 на пашне, при этом разрез 2 заложен на распаханном сельскохозяйственном участке, 3;4 – в посеве ячменя (ячмень 1;2), 5 – в посеве пшеницы.

Содержание общего органического углерода (Сорг) и углерода, ассоциированного с илистой фракцией (Сил), определяли по методу Тюрина [2]; илистую фракцию почвы выделяли при помощи центрифугирования; минералогический состав илистой фракции почв исследовали с помощью рентгенодифракционного анализа с использованием дифрактометра ДРОН-1 [3].

По данным рентгенодифракционного анализа установлено, что первичные почвенные минералы – калиевые полевые шпаты ($964\text{--}371$ имп с^{-1}), плагиоклазы ($890\text{--}221$ имп с^{-1}) и кварц ($711\text{--}372$ имп с^{-1}) в наибольшей степени представлены в илистых фракциях почв во всех изученных профилях. Во всех разрезах, кроме 2, максимальное количество кварца наблюдается в пахотном горизонте. Данный минерал устойчив к выветриванию, поэтому в пахотном горизонте, где все минералы подвергаются наибольшему воздействию окружающей среды, вследствие чего разрушаются и выносятся из

горизонта, относительное содержание кварца увеличивается по сравнению с другими минералами. В разрезах 1 и 4 с глубиной содержание кварца уменьшается, в 5 – уменьшается до горизонта В, ниже чуть возрастает. В разрезах 2 и 3 не выявлены закономерности в распределении этого минерала с глубиной, скорее всего это связано с неравномерным минералогическим составом исходной морены, на которой образовались эти почвы.

В результате проведенных исследований достоверно наибольшее количество общего органического углерода обнаружено в пахотном горизонте разреза 2 ($p < 0,0001$) эта величина составляет $37,23 \text{ г С кг}^{-1}$ почвы, пахотный горизонт разреза 4 характеризуется минимальным содержанием Сорг ($17,93 \text{ г С кг}^{-1}$ почвы).

Достоверно наибольшее количество органического углерода, ассоциированного с илистой фракцией обнаружено в пахотном горизонте разреза 4 ($p < 0,002$) здесь эта величина составляет $92,27 \text{ г С кг}^{-1}$ фракции, пахотный горизонт разреза 3 характеризуется минимальным содержанием Сил ($42,55 \text{ г С кг}^{-1}$ фракции).

Фактор обогащения илистой фракции органическим веществом (Esoc) представляет собой отношение содержания Сил к содержанию Сорг [4].

Данное отношение используют для характеристики процессов депонирования и расхода органического вещества в почве; если его значение больше единицы, происходит накопление органического вещества в илистой фракции, если меньше единицы, наблюдается расход.

Высокое отношение содержания Сил к содержанию Сорг (5,14) в почве пахотного горизонта разреза 4 свидетельствует о том, что здесь илстая фракция обогащена более устойчивыми органическими соединениями благодаря их ассоциации с биомассой микроорганизмов и почвенными минералами. В почве верхнего аккумулятивного горизонта остальных изученных разрезов величина Esoc падает до 1,14.

Корреляционный анализ выявил, что кварц по сравнению с другими первичными минералами, в большей степени участвовал в депонировании органических соединений в почве разрезов 1;4;5. Достоверные положительные корреляционные связи установлены между его содержанием и Сил ($r = 0,73 / 0,92$). Эти данные подтверждают данные авторов, полученные ранее для дерново-подзолистой супесчаной почвы (нативной, различной окультуренности и различного землепользования), где основным минералом связывающим органический углерод в илистой фракции являлся кварц [5,6,7]. В почве профилей 2;3;4;5 на депонирование углерода в илистой фракции оказывают положительное влияние плагиоклаз ($r = 0,17 / 0,43$). Среди силикатов и алюмосиликатов, диоктаэдрические слюды представлены в почве в наибольшем количестве ($517\text{--}154 \text{ имп с}^{-1}$). В почве разреза 4 установлены слабые положительные корреляционные связи между содержанием Сил и слюд с дефицитом катионов ($r = 0,31$) и содержанием Сил и диоктаэдрических слюд ($r = 0,35$), в почве остальных разрезов эти связи носили отрицательный характер. Хлорит и остальные изученные минералы не оказали положительного влияния на накопление углерода в илистой фракции изученных почв.

Данные почвы являются почвами легкого гранулометрического состава, преобладающим минералом в них является кварц. Вследствие своего строения данный минерал удерживает частицы органического вещества лишь на своей поверхности, не образуя с органическими фрагментами крепких связей, что приводит к быстрой минерализации органического вещества почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хан, Д. В. Органо-минеральные взаимодействия и структура почвы. / Д. В. Хан. – М.: Наука, 1969. – 142 с.
2. Химический анализ почв / О. Г. Растворова [и др.]. – СПб., 1995. – 254 с.
3. Рентгенография основных типов породообразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты). Под ред. Франк-Каменецкого В. А. – Ленинград: Недра, 1983.
4. Christensen B. T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates // *Advances in Soil Science*. – V. 20(1). – 1992. – P. 90.
5. Бойцова, Л. В. Исследование секвестрации органического вещества в почвах разной степени гидроморфизма / Л. В. Бойцова, Е. Г. Зинчук, С. В. Непримерова // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2017. – № 4. – С. 48–53.
6. Boitsova, L. V. Distribution of total and clay-associated organic matter in profiles of arable loamy sand Spodosol / L. V. Boitsova, E. G. Zinzuk, S. V. Neprimerova, E. V. Balashov // *Folia Oecologica*. – V. 42. – № 1. – P. 1–9.
7. Бойцова, Л. В. Влияние разных видов землепользования на накопление органического вещества в дерново-подзолистых почвах / Л. В. Бойцова, Е. Г. Зинчук, С. В. Непримерова // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2018. – № 3. – С. 45–50.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ПАРПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ ЦЧР

О. К. БОРОНТОВ, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник,

П. А. КОСЯКИН, канд. с.-х. наук, научный сотрудник,

Е. Н. МАНАЕНКОВА, научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А. Л. Мазлумова,
г. Воронеж, Россия

Физические свойства почв часто выступают как определяющие факторы динамики почвенных процессов [2, 3]. Многочисленными исследованиями установлено, что изучая те или иные факторы повышения урожайности (обработка почвы, удобрения, средства защиты растений), во временных опытах невозможно выявить динамику изменений как физических, так и химических свойств почвы.

Так, например, в наших исследованиях коэффициент структурности на варианте с отвальной обработкой на глубину 20–22 см с 1988 по 1996 год, варьировал в слое 0–10 см – с 1,4 до 7,3; в слое 20–30 см – с 0,5 до 4,6; в слое 30–40 см – с 0,5 до 4,0 [1]. Поэтому только длительные стационарные исследования дают достоверные представления об изменении свойств и режимов почв [1,5,6].

Известно, что структурно-агрегатный состав почвы изменяется в результате влияния как природных, так и антропогенных факторов [2,6,7].

Исследования проведены в 2013–2017 годах в стационарном опыте, заложенном в 1985 году. Почва опытного участка чернозём выщелоченный тяжелосуглинистый. В девятипольном севообороте: чёрный пар, озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень с подсевом клевера, клевер на 1 укос, озимая пшеница, сахарная свёкла, однолетние травы, кукуруза на зелёный корм. Изучали 3 системы основной обработки почвы и 2 системы удобрений:

А – отвальная глубокая вспашка под все культуры севооборота: под кукурузу и чёрный пар на глубину 25–27 см; под ячмень, озимую пшеницу по клеверу, однолетние травы на глубину 20–22 см; под сахарную свёклу на глубину 30–32 см по схеме улучшенной зяби.

Г – безотвальная (плоскорезная) обработка: под кукурузу и чёрный пар на глубину 25–27 см; под озимую пшеницу, высеваемую после клевера, ячмень, однолетние травы на глубину 20–22 см; под сахарную свёклу на глубину 30–32 см по схеме улучшенной зяби.

Д – комбинированная обработка: вспашка на глубину 25–27 см под кукурузу и чёрный пар; плоскорезная обработка на глубину 20–22 см под озимую пшеницу по клеверу, ячмень, однолетние травы; под сахарную свёклу – отвальная улучшенная зябь на глубину 30–32 см.

Контроль – без удобрений, и удобрения получают все культуры севооборота – 50 т/га навоза в чёрном пару и под сахарную свёклу в звене с клевером, под озимую пшеницу, высеваемую по клеверу – $N_{60}P_{60}K_{60}$; под ячмень – $N_{40}P_{40}K_{40}$; подкормка клевера и под однолетние травы – $N_{20}P_{20}K_{20}$; под кукурузу – $N_{80}P_{80}K_{80}$; под сахарную свёклу – $N_{160}P_{160}K_{160}$. Итого: 11 т навоза и $N_{59}P_{59}K_{59}$ на 1 га севооборотной площади.

Размер посевной делянки – 340 м², учётной – 20 м², повторность трёхкратная, агротехника возделывания общепринятая для ЦЧР. Погодные условия складывались по-разному, однако они соответствовали многолетним значениям. Почвенные образцы отбирались в посевах сельскохозяйственных культур. Определение плотности твёрдой фазы указывает на большую стабильность данного показателя по системам основной обработки почвы и удобрений, с закономерным увеличением его с глубиной с 2,57 г/см³ в слое 0–10 см, до 2,68 г/см³ в слое 90–100 см.

Плотность сложения – более динамический показатель, который зависел от агротехники возделывания и культуры севооборота. Так, плотность сложения в посевах озимой пшеницы, посеянной по пару, составила 1,09–1,20 г/см³, а посеянной по клеверу – 1,03–1,06 г/см³. Самая низкая плотность сложения оказалась в посевах кукурузы при комбинированной обработке почвы – 0,98 г/см³. При этом установлено положительное влияние клевера на плотность сложения, которое проявилось и в посевах сахарной свёклы, и кукурузы.

Отвальная обработка почвы и вносимые удобрения оказали положительное влияние на данный показатель. Так, при отвальной системе обработки почвы в посевах кукурузы, плотность сложения составила 1,05–1,06 г/см³, а при безотвальной – 1,12–1,16 г/см³, что на 5–10 % выше. При применении комбинированной обработки почвы в севообороте, плотность сложения оказалась минимальной и составила 0,98 г/см³.

При применении удобрений плотность сложения снижалась на 0,02–0,03 г/см³. В соответствии с плотностью сложения изменялось поровое пространство почвы.

Так, наибольшая общая и активная пористость отмечены в посевах сахарной свёклы в звене с клевером при отвальной обработке почвы – 60,1 %, а в посевах кукурузы при комбинированной обработке – 62,2 %. Активная пористость составила при этом 48,5–51,4 %. Установлено, что при внесении удобрений несколько увеличивалась общая и активная пористость.

Объём пор, занятых недоступной влагой, составил: для прочносвязанной влаги – 7,8–8,5 %; для рыхлосвязанной – 4,0–5,0 %. Установлено, что при безотвальной обработке увеличивается содержание недоступной влаги в почве и снижается содержание доступной. Вносимые удобрения несколько нивелируют этот процесс.

Следовательно, строение пахотного слоя чернозёма было оптимальным для возделывания сельскохозяйственных культур на всех представленных вариантах опыта, однако при внесении удобрений, при отвальной и комбинированной обработках почвы происходит увеличение общей и активной пористости, увеличивается объём пор, занятых капиллярной (доступной) влагой.

Плотность сложения почвы в посевах озимой пшеницы, посеянной по клеверу, составила 1,03–1,06 г/см³, а при посеве по чёрному пару – 1,09–1,20 г/см³, или увеличилась на 3–14 %. В посевах сахарной свёклы наблюдалось то же увеличение плотности сложения в паровом звене севооборота. Соответственно менялось поровое пространство. Так, большая активная пористость 48,0–48,5 % была установлена в посевах озимой пшеницы, высеваемой по клеверу при комбинированной обработке, и в посевах сахарной свёклы при отвальной обработке. На этих вариантах объём пор, занятых недоступной влагой, уменьшался.

По влиянию культур севооборота на плотность сложения, в порядке увеличения показателя, можно расположить следующим образом: озимая пшеница, посеянная по клеверу; сахарная свёкла в звене с клевером; сахарная свёкла в звене с чёрным паром; озимая пшеница, посеянная по чёрному пару. Соответственно, в таком же порядке изменялись и другие показатели порового пространства чернозёма выщелоченного.

Определение структурного состава почвы выявило, что глыбистой фракции больше всего содержалось в пахотном слое почвы при возделывании ячменя без применения удобрений – 24–31 %, а меньше всего – посевах озимой пшеницы по клеверу – 9–19 %. При этом в посевах озимой пшеницы по чёрному пару, содержание глыбистой фракции увеличилось и составило 21–25 %. В посевах сахарной свёклы в звене с чёрным паром, содержание фракции > 10 мм – 15–25 %, в звене с клевером – 23–28 %. При увеличении доли глыбистой фракции, уменьшалась доля фракции 2–1 мм, а доля фракции 10–2 мм изменялась значительно меньше, о чём нами ранее сообщалось [1]. Максимальное положительное влияние многолетних трав сильно проявлялось в посевах озимой пшеницы, где коэффициент составил 5,9–7,2. Следующими в ряду стоят посевы клевера; озимой пшеницы, посеянной по чёрному пару; чёрный пар. Положительное влияние клевера распространялось и на посевы сахарной свёклы, о чём сообщалось [1,2]. Так, при применении удобрений коэффициент структурности в паровом звене составил 2,0–2,5, а в клеверном – 2,4–2,7. В посевах ячменя наблюдалась наихудшая структура пахотного слоя чернозёма – коэффициент структурности без удобрений составил 2,0–2,4, а при их применении – 1,6–2,4.

При применении удобрений коэффициент структурности снижался на 5–45 %, однако при комбинированной обработке почвы показатель оставался стабильным (снижение на 3 %). Большее снижение происходило при безотвальной обработке почвы – на 54 %.

Наибольший коэффициент структурности без применения удобрений при возделывании ячменя и сахарной свёклы в звене с клевером был при отвальной обработке почвы, а при возделывании других культур – при безотвальной.

При применении удобрений, напротив, наибольший коэффициент структурности у пяти возделываемых культур был при комбинированной обработке почвы, а наименьший – при безотвальной. Безотвальная обработка почвы при применении удобрений сильнее ухудшает структуру чернозёма выщелоченного.

Водопрочность почвенных агрегатов – стабильный показатель структурного состояния почвы. Так, коэффициент водопрочности изменялся от 0,80 до 0,94, что соответствует высокой водопрочности почвенных агрегатов чернозёма выщелоченного, а коэффициент структурности варьировал от 1,6 до 7,2.

Установлено, коэффициент водопрочности почвенных агрегатов в посевах озимой пшеницы и в чёрном пару составил 0,83–0,86, что ниже на 5–8 %, чем при возделывании других культур севооборота, где он составил, в среднем, 0,89.

При внесении удобрений в комбинированной и безотвальной обработках почвы водопрочность почвенных агрегатов повышалась, тогда как при отвальной обработке почвы снижалась, или

оставалась неизменной. Улучшение структуры связано с увеличением водопрочности почвенных агрегатов.

В среднем, по 7 культурам севооборота, коэффициент структурности составил при отвальной обработке без удобрений – 3,3, с их применением – 2,7, а коэффициент водопрочности – 0,87 и 0,84 соответственно. При безотвальной – 3,7; 2,4; 0,88 и 0,89; при комбинированной – 3,2; 3,1; 0,88; 0,88.

Таким образом, большая устойчивость структурного состояния и строения пахотного слоя чернозёма выщелоченного наблюдается при комбинированной обработке почвы в севообороте. Результаты исследования структурно-агрегатного состава чернозёма выщелоченного и дифференциальной пористости под культурами севооборота, показывают изменения физического состояния почвы под влиянием сельскохозяйственных культур. Возделывание клевера и озимой пшеницы улучшало структуру чернозёма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боронтов, О. К. Влияние обработки почвы и предшествующей культуры на структуру чернозёма выщелоченного / О. К. Боронтов, И. М. Никульников // Почвоведение. – 1998. – № 6. – С. 674–679.
2. Королёв, В. А. Современное физическое состояние чернозёмов центра Русской равнины / В. А. Королёв. – Воронеж, 2008. – 313 с.
3. Кузнецов, А. В. Влияние степени антропогенного воздействия на структурно агрегатный состав чернозёма типичного / А.В. Кузнецов // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. – Курск, 2008. – С. 545–547.
4. Методическое руководство по изучению почвенной структуры / Под ред. И. Б. Ревута и А. А. Роде. – Ленинград: Колос, 1969. – 527 с.
5. Навальнева, Е. В. Роль удобрений и обработки почвы и вида севооборота в формировании агрофизических свойств чернозёма типичного / Е. В. Навальнева, В. Д. Соловиченко, А. Г. Ступаков, М. А. Куликова, С. А. Дмитриенко // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. – Курск, 2014. – С. 81–84.
6. Боронтов, О. К. Продуктивность и водопотребление сахарной свеклы в зависимости от условий увлажнения и агротехники / О. К. Боронтов, Е. Н. Манаенкова, П. А. Косякин // Сахарная свекла. – 2009. – № 3. – С. 28–29.
7. Турусов, В. И. Физические свойства почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от севооборотов и предшественников / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, Т. И. Михина, О. А. Абанина, Т. И. Дьячкова // Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия – основа повышения плодородия почвы, роста продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранения окружающей среды. – Белгород: Отчий Край, 2012. – С. 299–301.

УДК: 630*114.52:005.935.3(574)(045)

МОНИТОРИНГ ВНУТРИПОЛЬНОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ОСНОВНЫХ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ХОЗЯЙСТВА В ТОО «НОВОСЁЛОВКА» ШОРТАНДИНСКОГО РАЙОНА АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. БУРЯКОВ, канд. с.-х. наук, в.н.с.

РГУ «Республиканский научно-методический центр агрохимической службы» МСХ РК,

г. Астана, п. Научный, Республика Казахстан,

Р. Х. РАМАЗАНОВА, канд. с.-х. наук, доцент,

Б. Ж. НАЙМАНОВА, магистр

АО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина»,

г. Астана, Республика Казахстан

В настоящее время в республике отмечается тенденция снижения плодородия почв вследствие уменьшения применения органических и минеральных удобрений, нарушения севооборотов и правил регулирования баланса питательных веществ. Особую тревогу вызывает снижение содержания фосфора и гумуса в пахотных почвах большинства районов [1, 2]. Возделывание культур должно вестись, прежде всего, на основе агротехнологий, адаптированных к местным природно-климатическим условиям, которые смогут обеспечить сохранность основных свойств почвы. Важную роль в этом призван сыграть систематический контроль над состоянием почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий. Оптимальной формой организации и осуществления такого контроля является проведение агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий, проводимое агрохимслужбой [3].

Казахстанская агрохимслужба реализует государственную политику в области химизации земледелия, обеспечения агрохимического обслуживания сельского хозяйства, контролирует состояние плодородия земель сельскохозяйственного назначения, что позволяет установить, насколько эффективно или неэффективно используется пашня в хозяйствах.

С этой целью нами были изучены данные двух туров агрохимического обследования пашни ТОО «Новосёловка» Шортандинского района Акмолинской области, проведенных РГУ «Республиканский научно-методический центр агрохимической службы» МСХ РК для выявления динамики изменения агрохимических свойств почв. Обследование проводилось на пашне в ТОО «Новоселовка» Шортандинского района Акмолинской области. Почвы были отобраны с полей, с 281 элементарных участков, каждый площадью 75 га. Общая площадь обследованной пашни составила 21080 га.

Отбор проб почв проводился в соответствии с ГОСТ 28168-89; определение содержания гумуса в отобранных почвенных пробах проводилось по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26213-91; определение легкогидролизуемого азота по методу Тюрина и Кононовой, подвижных соединений фосфора и калия – по методу Мачигина, ГОСТ 26205-91; определение кислотности почвы – по ГОСТ 26483-85.

Результаты почвенно-агрохимического обследования показали, что по содержанию гумуса в 2007 году обследования (1 тур) основная площадь почв хозяйства имела низкое содержание гумуса – 98,4 %. Содержание легкогидролизуемого азота с низким содержанием составило – 15,5 % площади, со средним – 32,0 % и с высоким содержанием – 52,6 % площади пашни. Содержание подвижного фосфора с низким содержанием составило – 42,6 % площади, со средним – 51,3 % площади, с высоким – 6,1 % площади пашни. По содержанию подвижного калия 100% пощади имело высокое содержание.

Ко второму туру обследования в 2015 году по содержанию гумуса вся площадь хозяйства имела низкое содержание – 100 %. По содержанию легкогидролизуемого азота площадь участков пашни с низким содержанием составила – 10,3 %, со средним – 20,4 % и с высоким содержанием – 69,3 %. По содержанию подвижного фосфора с низким содержанием доля площади пашни составила 79,7 %, со средним – 19,6 % площади, с высоким – 0,7 %. По содержанию подвижного калия 100 % обследованной площади имеет высокое содержание.

Реакция почвенного раствора имеет важное значение для растений и живущих в почве микроорганизмов. Большая часть культурных растений лучше произрастает при нейтральной или слабокислой реакции среды. Чем ближе реакция среды к нейтральной, тем доступнее для растений питательные элементы, а также выше урожайность. Поэтому к одному из определяемых агрохимических показателей относят и значение pH среды.

В ходе первого тура обследования в 2007 году по степени кислотности 59,7 % площади пашни хозяйства составляли средне щелочные и 40,3 % составляли сильнощелочные почвы.

Ко второму туру обследования pH почвы изменилось и уже 18,7 % площади пашни хозяйства перешли в категорию нейтральных, 81,3 % – слабощелочных почв.

Для того чтобы определить вариабельность агрохимических показателей нами рассчитаны основные статистические показатели по каждому элементарному участку и показателям за 2 тура обследования (таблица).

Статистические характеристики выборки по агрохимическим показателям почвы по элементарным участкам, 2007– 2015 гг.

Показатель	Гумус, %	Нлг, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	Калий, мг/кг	Гумус, %	Нлг, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	Калий, мг/кг
	2007 г.				2015 г.			
Среднее	3,25	53,77	16,85	559	2,59	56,40	11,1	712
Станд. ошибка	0,047	1,82	0,92	6,63	0,06	1,61	0,59	14,7
Медиана	3,22	53,2	15,7	563	2,55	55,8	10,3	712,8
Мода	3,1	43,1	12,1	543	2,72	55,8	6,3	848,7
Станд. отклонение	0,35	13,53	6,80	49,15	0,44	11,94	4,36	109,1
Дисперсия выборки	0,12	182,94	46,22	2415,72	0,19	142,55	19,02	11901,3
Экссесс	4,26	-0,42	2,18	-0,69	23,15	-1,01	1,67	-0,56
Асимметричность	0,87	0,44	1,35	-0,07	3,98	-0,02	1,14	-0,16
Интервал	2,09	54,9	31,3	202,3	3,25	40,3	20,8	470,6
Минимум	2,59	30,8	6,7	453	1,99	36,4	5,5	463,8
Максимум	4,68	85,7	38	655,3	5,24	76,7	26,3	934,4
Сумма	178,55	2957,6	926,8	30772,9	142,66	3101,9	610,5	39187,7
Счет	55	55	55	55	55	55	55	55
Уровень надежности (95,0%)	0,09	3,65	1,84	13,28	0,12	3,23	1,18	29,59
Станд отклонение	0,35	13,53	6,79	49,15	0,44	11,94	4,36	109,09
Среднее значение	3,25	53,8	16,9	559,5	2,59	56,4	11,1	712,5
Коеф. вариации	11%	25%	40%	9%	17%	21%	39%	15%

В первом туре обследования, проведенном в 2007 году, средневзвешенный показатель по гумусу составляет 3,2 %, что соответствует низкой обеспеченности. При этом отмечено варьирование данного показателя от низкого 2,6 до среднего 4,7 % по элементарным участкам почвенного контура. Разница между максимальным и минимальным содержанием гумуса в почве составляет 3,2 раза. Коэффициент вариации составил $V = 11$ %.

Анализ показал, что средневзвешенное содержание легкогидролизуемого азота составляет 53,7 мг/кг, его распределение сильно варьируется от низкого 31 мг/кг до высокого 85,7 мг/кг. Коэффициент вариации составил $V = 25$ %.

Средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора (условно усвояемых растениями форм) составляет 17 мг/кг, что соответствует средней обеспеченности. Также отмечено сильное варьирование данного показателя от очень низкого 6,7 мг/кг до повышенного 38 мг/кг, т. е. пространственная вариация содержания фосфора в почве хозяйства охватывает 4 группы обеспеченности, что, требует дифференцированного внесения удобрений, причем на отдельных полях в широком диапазоне. Необходимость дифференцированного внесения фосфорных удобрений подтверждает высокий коэффициент вариации $V = 40$ %. Подобную картину распределения подвижного фосфора, по нашему мнению, можно объяснить неравномерностью его внесения применявшейся техникой.

Содержание обменного калия в почве колеблется от высокого (453 мг/кг) до очень высокого (655,3 мг/кг), т. е. пространственная вариация содержания калия в почве хозяйства охватывает 5 и 6 группы обеспеченности, что, соответствует высокой обеспеченности почвы данным элементом. Средневзвешенный показатель по калию составляет 559,5 мг/кг почвы. Коэффициент вариации составил $V = 9$ %.

Во время второго тура обследования средневзвешенный показатель по гумусу составил 2,6 %, что также соответствует низкой обеспеченности. Данные показателя варьируются от очень низкого 1,9 до среднего 5,3 % по элементарным участкам почвенного контура. Разница между максимальным и минимальным содержанием гумуса в почве составил – 2,5 раза. Коэффициент вариации $V = 17$ %. По содержанию гумуса спустя восемь лет использования земли можно отметить, что почвы низко обеспечены гумусом, средневзвешенный показатель содержания гумуса в почве снизился с 3,2 % до 2,6 %. Коэффициент вариации увеличился с 11 % до 17 %. Из этого можно сделать выводы, что в данном хозяйстве не соблюдались агротехнические мероприятия, не велись мероприятия по сохранению почвенного плодородия: не проводились противоэрозионные мероприятия и, возможно, не применялись органические удобрения.

По легкогидролизуемому азоту на второй тур обследования средневзвешенное содержание составило 56,4 мг/кг, его распределение также сильно варьируется от низкого 36,4 мг/кг до высокого 76,7 мг/кг. Коэффициент вариации составил 21 %. По содержанию азота можно отметить повышение его содержания по средневзвешенному показателю от 53,7 мг/кг до 56,4 мг/кг, а также по уменьшению коэффициента вариации с 25 % до 21 %.

По фосфору средневзвешенное содержание подвижных форм составляет 11 мг/кг, что соответствует низкой обеспеченности. Также отмечено сильное варьирование данного показателя от очень низкого 5,5 до среднего 26,3 мг/кг, т. е. пространственная вариация содержания фосфора в почве хозяйства охватывает 3 группы обеспеченности, что требует дифференцированного внесения удобрений, причем на отдельных полях в широком диапазоне. Необходимость дифференцированного внесения фосфорных удобрений подтверждает высокий коэффициент вариации $V = 39$ %. По содержанию подвижного фосфора за второй тур обследования можно отметить, что почвы хозяйства также низко обеспечены подвижными формами фосфора, идет снижение средневзвешенного показателя с 17 мг/кг до 11 мг/кг.

На второй тур обследования содержание подвижного калия в почве также колеблется от высокого (463 мг/кг) до очень высокого (934 мг/кг), средневзвешенное содержание при этом увеличилось с 559,5 мг/кг на 712 мг/кг, что соответствует высокой обеспеченности почвы данным элементом. Коэффициент вариации увеличился на $V = 15$ %.

С учетом выявленных агрохимических особенностей почвы ТОО «Новоселовка» наиболее целесообразно использование азотных и фосфорных удобрений машинами (распределителями), оборудованными системой дифференцированного внесения удобрений с учетом почвенной неоднородности. Для рентабельного ведения растениеводства необходимо соблюдать систему агротехнических мероприятий, связанных с соблюдением севооборотов, системой обработки почвы, использованием органических удобрений, мероприятии по борьбе с ветровой эрозией, проводить приемы снегозадержания для сохранения запасов влаги.

1. Есеналиева, М. К. Оценка экологического состояния экосистем / М. К. Есеналиева, С. Г. Чекалин, Б. А. Зимхан // Известия ОГАУ. – 2017. – №6 (68). – С. 201.
2. Петрович, Э. А. Воспроизводство плодородия почв – основа сохранения и увеличения продуктивности земледелия / Э. А. Петрович // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №3. – С. 79.
3. Базильжанов, Е. Методическое руководство по проведению агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий / Е. Базильжанов, А. Быков, А. Каракальчев, А. Юзюк, Н. Томинов, Т. Чиркова, Л. Жуматаева, И. Бухонина // Изд. четвертое переработанное и дополненное. – п. Научный: РГУ «РНМЦАС», 2016. – С. 49.

УДК 631.434:631.67

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ДЛИТЕЛЬНО ОРОШАЕМОГО ПРИ ПЕРЕХОДЕ В ЗАЛЕЖНОЕ СОСТОЯНИЕ

Л. А. ВОЕВОДИНА, канд. с.-х. наук,
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск, Российская Федерация

Черноземы южные являются одним из наиболее распространенных видов почв в тех субъектах РФ, в которых расположены самые обширные площади орошаемых земель [1]. Они преобладают в составе почвенного фонда Краснодарского и Ставропольского краев, Ростовской области, Кабардино-Балкарской и Чеченской Республик.

Нарастающий дефицит оросительной воды хорошего качества приводит к расширению орошаемых площадей, поливаемых водами повышенной минерализацией, в том числе сточными [2, 3, 4].

Одним из практикуемых путей восстановления свойств почв, подвергшихся воздействию минерализованной водой плохого качества, является вывод орошаемых земель из интенсивного сельскохозяйственного использования и перевод их в залежное состояние (ЗС). Почва залежи по современным представлениям соответствует «здоровой» почве или почве биологической системы земледелия, которая рассматривается как более благополучная по сравнению с обрабатываемыми почвами [5, 6].

На одном из залежных участков нами были проведены детальные исследования почвенных показателей с целью сравнительного анализа изменений свойств черноземов южных, длительно орошаемых минерализованной водой и тех же черноземов, находящихся более 10 лет в ЗС.

Исследования проводились в центрально-орошаемой зоне Ростовской области. Почвы представлены южными черноземами тяжелосуглинистыми. Источником орошения являлась грунтовая вода сульфатно-натриевого состава ($\text{pH} = 7,40$, $\text{SAR} = 6,70$, удельная электропроводность воды (EC_w) $4,58 \text{ дСм/м}$), уровень которой находился на глубине около 5,0 м.

На участке выращивались овощи по экстенсивной технологии, которая не предусматривала использования минеральных удобрений, примерно один раз в 5 лет вносили навоз нормой 50 т/га , орошение проводили по бороздам оросительными нормами менее $1500 \text{ м}^3/\text{га}$. Продолжительность использования почвы рассматриваемого участка для экстенсивного выращивания овощей составляла более 50 лет. В 2005 г. часть участка перестали обрабатывать, а другую часть продолжали экстенсивно использовать уже без внесения навоза. Необрабатываемая часть постепенно зарастала травами, среди которых преобладали злаковые разновидности, их продуктивность составляла порядка 5 т/га сухого вещества.

Для выявления изменений, происходящих в залежной почве, авторами были отобраны образцы почвы в трехкратной повторности по слоям 20 см до глубины 1,0 м в конце поливного сезона.

Залежное использование способствовало рассолению почвы в метровом слое почвы. Так в слое 0–20 см показатель удельной электропроводности водной вытяжки из почвы (почва:вода = 1:5) снизился на 40,5 % с 479 до 285 дСм/м .

Прекращение поливов сульфатно-натриевой водой привело к уменьшению доли сульфата натрия в почвенном растворе вплоть до полного его отсутствия и доли натрийсодержащих солей в метровом слое почвы в среднем в 2,3 раза. В то же время существенно возрастает конкурентоспособность магния, что выражается в повышении его доли на 29–88 % в верхнем слое 0–60 см. Содержание $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ во всем метровом слое почвы залежного участка увеличивается в среднем на 19–46 % по сравнению с орошаемым участком, что свидетельствует о восстановлении состава почвенного раствора, присущего южным черноземам в естественных условиях.

После 10 лет пребывания земель в ЗС в составе почвенного поглощающего комплекса доля обменного кальция увеличилась по всему метровому слою почвы в среднем на 20 %. Существенно снизилось содержание обменного натрия. Так, в верхнем слое 0–40 см снижение составило 80 %, а в среднем по метровому профилю – 59 %.

Анализ изменений в содержании карбонатов показал, что на залежных участках их доля понизилась особенно сильно в верхнем слое 0–40 см (на 53–56 %), что вероятно связано с повышением биологической активности почвы, пребывающей в ЗС. Обычно усиление биологической активности выражается в увеличении продукции углекислого газа [7], который способствует растворению CaCO_3 в почве и обогащению почвенного раствора ионами Са.

Таким образом, залежное использование способствовало увеличению в слое 0–40 см подвижности кальция как его обменных (на 15 %), так и водно-растворимых форм (на 17 %) и сокращению содержания CaCO_3 на 53–56 %.

Залежное использование способствовало увеличению содержания гумуса в метровом слое почвы. В слое 0–40 см повышение составило в среднем 10,5 %. Причем увеличение общего содержания органического углерода произошло в основном за счет углерода гуминовых кислот, СГК. Так, в слое 0–20 см (при содержании СГК 0,37 % на орошаемом участке и 0,52 % – на залежном) доля СГК оказалась выше на 41 %, чем на орошаемом участке, а в среднем в метровом слое почвы на – 43 % (при содержании СГК 0,27 % на орошаемом и 0,38 % – на залежном участке). Фульватно-гуматное отношение на орошаемом участке в слое 0–20 см составило 0,80, на залежи – 1,11, в метровом слое – в среднем 1,16 и 1,45 соответственно.

Показатели структурного состояния почвы могут значительно изменяться в зависимости от различных факторов, воздействующих на почву [8]. Показатели агрегатного состояния указывают, что залежное использование в течение 10 лет способствовало увеличению количества водопрочных агрегатов на 70 %, по сравнению с орошаемым (с 33 до 56 %). Водопрочность оценивались как хорошая, при орошении – как удовлетворительная. Произошло увеличение средневзвешенного диаметра агрегатов при мокром просеивании на 52 %, или до 0,38 мм. В целом, почва залежного участка по показателю водопрочности стала соответствовать оптимальным параметрам характерным для зональных почв.

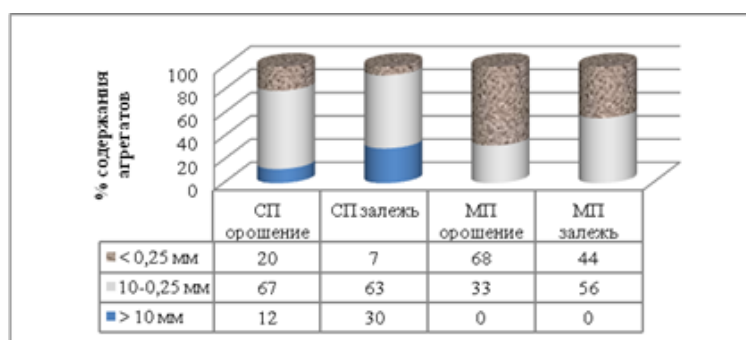


Рис. Агрегатный состав чернозема южного в орошаемых и залежных условиях в слое 0–30 см (СП – сухое просеивание; МП – мокрое просеивание)

Таким образом, пребывание почвы в ЗС способствует восстановлению свойств почв, присущих им в естественных условиях, однако это восстановление происходит довольно медленно и требует вывода из активного землепользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы субъектов Российской Федерации [Электронный ресурс] / Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2014. – Режим доступа: <http://atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/2poc.html>, 2018.
2. Шамсутдинов, Н. З. Использование соленых вод для орошения / Н. З. Шамсутдинов, З. Ш. Шамсутдинов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 47–49.
3. Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / под ред. В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиово-динформ», 2009. – 342 с.
4. Домашенко, Ю. Е. Альтернативные источники орошения в условиях дефицита обеспеченности водными ресурсами / Ю. Е. Домашенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 47. – Новочеркасск: Лик, 2012. – С. 22–27.
5. Ежесуточная динамика численности и активности азотфиксирующих бактерий на участках залежной и интенсивно возделываемой почвы / Н. Р. Эмер [и др.] // Почвоведение. – 2014. – № 8. – С. 963–970.
6. Диагностика биологических свойств почвы при органической и традиционной системе земледелия / А. К. Ходжаева [и др.] // Агрохимия. – 2010. – № 5. – С. 3–12.

7. Смагин, А. В. Газовая фаза почв / А. В. Смагин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 301 с.
8. Воеводина, Л. А. Структура почвы и факторы, изменяющие ее при орошении / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016 – №1(21) – С.134–154.

УДК 631.95

СОЗДАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ КАК ЦЕНТРА ВЕДЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

О. И. ГАРМАШ, аспирант
УО «Полтавская государственная аграрная академия»,
г. Полтава, Украина

По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), современное промышленное земледелие уже привело к деградации одной пятой части всех пахотных почв нашей планеты. Резкое падение урожайности сельскохозяйственных культур на фоне увеличения численности населения явилось причиной того, что в настоящее время около 850 миллионов человек на планете страдают от хронического недоедания [1]. Именно поэтому важно, чтобы поселки и АПК начали функционировать в режиме экологических поселений, что позволит решить эту проблему.

Экологическое поселение (экопоселение) – это альтернативное или традиционное поселение, созданное для региональной интеграции экологического, экономического, социального и культурного аспектов устойчивого развития с целью восстановления социальной и естественной среды и соответствует этническим особенностям и традициям народа, который живет на данной территории [2]. В данном поселении применяются альтернативных методов ведения земледелия, и в частности – пермакультуры. Использование принципов пермакультуры в экопоселении или АПК, означает ведение сельского хозяйства в естественной натуральной форме, основанием для него является работа с круговоротами веществ и взаимосвязями в природе.

Пермакультура (перманентное сельское хозяйство) – это система дизайна, цель которой заключается в организации пространства на основе экологически целесообразных моделей. Искусственно созданные пермакультурные системы имеют все признаки естественных экосистем – биологическое разнообразие, стабильность и способность к восстановлению. При этом пермакультура занимается не только выращиванием продуктов питания, но и созданием зданий, инфраструктуры, всех компонентов окружающего мира. Поэтому пермакультура, прежде всего, является системой правильной организации компонентов агроэкосистемы [3, 4].

Растения находятся в естественном симбиозе и не нуждаются в подкормке, поливе и средствах защиты. Птицы и животные также участвуют в экосистеме хозяйства: они живут в природе (в специально подготовленных местах) и самостоятельно питаются. Благодаря этому экономится большое количество сил и средств. А продукция хозяйства – экологически чистая и имеет высокое качество [5]. Пермакультура позволяет не только получать экономическую выгоду от продукта и при этом сохранять плодородие почвы, передавая ее из поколения в поколение, но и восстанавливать эродированные земли [6].

Моллисон и Холмгрен выделили следующие основные принципы пермакультурного дизайна, которые являются универсальными, то есть их можно применять в условиях любого климата и при любом масштабе выполняемых работ:

- 1) Наблюдения и взаимодействия.
- 2) Рациональное расположение элементов системы, для их успешного взаимодействия друг с другом.
- 3) Многофункциональность: каждый элемент системы осуществляет множество функций и каждая важная функция осуществляется за счет многих элементов.
- 4) Эффективное энергопланирование территории по зонам и секторам.
- 5) Рациональное и эффективное использование энергии, работа с возобновляемыми источниками энергии, рециркуляция.
- 6) Использование биологических ресурсов.
- 7) Использование природных потоков и круговоротов.
- 8) Интенсивное использование систем на малой площади.
- 9) Применение разнообразия видов.
- 10) Использование эффекта кромки и природных паттернов.
- 11) Не создавать отходы.

12) Дизайн от общего к частному [4, 5].

Перманентное сельское хозяйство предусматривает максимальное восстановление естественного ландшафта, поэтому создаются трехмерные земляные сооружения – высокие холмистые и плоские гряды для защиты от ветра, кратерные сады и тепловые лопушки, и углубление для накопления влаги, как это обычно бывает в живой природе. При таком ландшафте восстановительные силы природы начинают работать в полную силу. Благодаря пермакультурным сооружениям в экопоселении или АПК можно создать более влажный микроклимат, через систему прудов, способных функционировать даже в засушливой местности [5,7].

При ведении природосоответствующего сельского хозяйства отпадает необходимость в применении синтетических удобрений для того, чтобы сделать ведение хозяйства прибыльным, поскольку обеспечение симбиоза всех компонентов экосистемы не только восстанавливает земли, но и приносит хорошие урожаи [5].

Поэтому при создании экопоселения необходимо:

1. Привести в порядок баланс водных ресурсов (отрегулированный водный баланс – основа для выращивании любых продуктов питания без применения удобрений. Он поддерживает видовое разнообразие за счет этого и симбиозы взаимодействий, а также предотвращает потерю земель в результате опустынивания и наводнений).

2. Отменить промышленное животноводство (в условиях пермакультуры и симбиотического сельского хозяйства животные прочно занимают свое место в природном круговороте, в таких условиях их можно считать сотрудниками).

3. Освоить больше площадей (большинство территорий можно снова сделать распаханными, если применять природо целесообразные методы хозяйствования).

4. Увеличить площади (за счет оформления земельных площадей в виде кратеров садов, холмистых грядок и террас, можно увеличивать полезную площадь и получать больше продуктов питания).

5. Повысить производительность (производительность любой площади можно существенно повысить, если работать в сотрудничестве с природой и принимать во внимание несколько простых факторов: симбиоз взаимодействий, ступенчатую структуру посадок, обработку непригодных для машинной техники площадей с помощью животных, прежде всего свиней и кур).

6. Региональные, а не глобальные поставки должны стать приоритетными, чтобы снизить вредное воздействие транспортных путей на окружающую среду [5].

Поэтому экопоселения будущего должны стать воплощением разнообразия, в условиях которого и люди, и животные, и растения будут чувствовать себя комфортно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Департамент сельского хозяйства и защиты потребителей [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO). – 2018. – Режим доступа: <http://www.fao.org/agriculture-consumer-protection-department/ru/>
2. Гармаш, О. І. Етнографічні особливості українського народу та їх роль в створенні екопоселень на території України / О. І. Гармаш, П. В. Писаренко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2016. – №4. – С. 83–88.
3. Вайтфилд, П. Пермакультура – что это? / П. Вайтфилд ; пер. с англ. – СПб., 1992. – 33 с.
4. Моллисон, Б. Введение в пермакультуру / Б. Моллисон, Р. М. Слей. – М., 2011. – 218 с.
5. Хольцер, З. Пустыня или рай / З. Хольцер. – Киев: Издательский дом «Зерно», 2012. – 344 с.
6. Рябова, Н. Перманентная культура, или ты сам дизайнер своей жизни / Н. Рябова // Адукатар. – 2004. – №3. – С. 33–39.
7. Хольцер, Й. Травяные спирали, сады на террасах. Планирование, строительство, посадка. Практическое руководство / Й. Хольцер, К. Хольцер, Й. Калькхоф. – Орёл: С. В. Бенина, 2012. – 272 с.

СВИНЕЦ В СИСТЕМЕ ПОЧВА – РАСТЕНИЕ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА В КАМЕННОЙ СТЕПИ

Н. С. ГОРБУНОВА, канд. биол. наук
Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия,

Е. В. КУЛЬКОВА, канд. биол. наук
Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
г. Воронеж, Россия

Интенсивное развитие промышленности, транспорта, энергетики, а также интенсификация сельскохозяйственного производства способствуют возрастанию антропогенной нагрузки на аграрные экосистемы и, прежде всего, на почвенный покров. В результате этого происходит загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ). Различные агрохимические средства, восполняющие элементы минерального питания и поддерживающие почвенное плодородие, часто сами служат источниками некоторых элементов-примесей [1, 2, 3].

Данные В. А. Ковды, В. Г. Минеева свидетельствуют о том, что в результате длительного интенсивного применения удобрений происходит изменение состава почв и растений за счет увеличения количества ТМ в них [4, 5]. Другие авторы считают, что на фоне высоких доз удобрений, например, фосфорных в почвах обнаруживается дефицит элементов минерального питания. Изменение реакции среды под действием физиологической кислотности минеральных удобрений также влияет на подвижность и доступность элементов растениям.

С целью выяснения действия минеральных удобрений и мелиорантов на содержание свинца (Pb) в условиях их длительного применения проводились исследования в стационарном поле на территории НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева в Каменной степи. Схема опыта включает в себя 3 фактора: 1). уровень обеспеченности почвы элементами минерального питания; 2). фосфогипс; 3). уровень удобренности севооборота. В опыте использовались следующие удобрения: аммиачная селитра, двойной суперфосфат, 40 % калийная соль, а также фосфогипс в качестве мелиоранта. Фосфогипс в своем составе помимо CaSO_4 (95,5 %) содержит P_2O_5 , а также примеси тяжелых металлов, в том числе Pb – 5,8 мг/кг. Во взятых почвенных образцах были определены основные агрохимические показатели по общепринятым методикам и подвижные соединения Pb (вытяжка 1 н. HNO_3) атомно-абсорбционным методом на спектрометре КВАНТ-Z.ЭТА. Определение содержания Pb в растительном материале проводилось сухим озолением зерна кукурузы раннеспелый гибрид РОСС-144 и тритикале сорт Тальва 100, далее зола растений растворялась в разбавленной (1:1) HNO_3 с последующим определением содержания Pb на спектрометре. Данные многофакторного опыта обрабатывались методом дисперсионного анализа по Доспехову [6].

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднетяжелый среднесуглинистый. $\text{pH}_{\text{водн.}}$ – 7,1–7,4, сумма обменных катионов $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ – 40,0–50,2 мг-экв/100 г почвы, гидролитическая кислотность – 1,28–1,71 мг-экв/100 г почвы, содержание гумуса – 6,00–7,17 %.

Валовое содержание Pb в черноземах обыкновенных достигает 17, 8 мг/кг. Внутривершинное распределение подвижного Pb характеризуется биогенным накоплением его в верхних горизонтах. Так, в слое 0–20 см содержание Pb колеблется от 1,28 до 2,59 мг/кг (табл. 1).

**Таблица 1. Содержание подвижных соединений Pb в черноземе обыкновенном Каменной степи
в вариантах опыта (среднее за 3 года), мг/кг**

Уровни обеспеченности почвы элементами питания	№ варианта	0–20 см		40–50 см		70–80 см	
		I	II	I	II	I	II
		$\bar{x} \pm S\bar{x}$					
Свинец, НСР ₀₅ = 0,16							
Естественный	Контроль	2,59	2,41	1,88	1,94	1,31	1,45
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	2,25	2,45	1,69	1,78	1,35	1,48
Повышенный	Контроль	1,39	1,34	1,10	1,07	0,66	0,69
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	1,28	1,29	1,08	1,00	0,67	0,57
Высокий	Контроль	1,30	1,36	1,08	1,02	0,49	0,46
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	1,28	1,28	1,02	0,99	0,42	0,30
«Фоновое» значение		2,6		2,3		2,4	

Примечание: I – вариант без фосфогипса, II – вариант с фосфогипсом,
* – количество Pb (мг/кг) в обыкновенном черноземе заповедной территории.

Наибольшее количество Pb отмечается в почве на контрольной делянке естественного фона. С повышением уровня обеспеченности почвы элементами минерального питания прослеживается существенное уменьшение его содержания (табл. 1), что связано с высокими дозами минеральных удобрений, которые способствуют переводу Pb в малоподвижные соединения. Фосфогипс не влияет на подвижность Pb в почве, также, как и внесение минеральных удобрений в небольших дозах на всех фонах. Содержания Pb в почве всех вариантов опыта не превышает фоновое значение и ПДК=6 мг/кг.

Работы многих исследователей свидетельствуют о том, что между химическим составом растений и элементным составом среды существует связь, а основная масса химических элементов поступает в растения из почв. Кроме того, на поступление ТМ в растения влияют такие факторы, как видовые особенности растений, тип почвы, концентрация и форма нахождения ТМ, pH почвы и ее гранулометрический состав, содержание органических веществ, емкость поглощения катионов в почве.

Концентрация свинца в зерне тритикале и кукурузы, в зависимости от условий возделывания растений, находится в интервале от 0,16 до 0,49 (тритикале) и от 0,11 до 0,21 мг/кг (кукуруза) (табл. 2). Максимальная концентрация Pb сосредоточена в зерне тритикале при высоком уровне обеспеченности почвы элементами минерального питания. При внесении фосфогипса наблюдается незначительное уменьшение содержания Pb в зерне тритикале (табл. 2). Нормальной для растений считается концентрация Pb от 0,1 до 5,0 мг/кг сухого вещества (Ильин, 1991) [7]. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что зерно тритикале и кукурузы в условиях опыта с удобрениями и мелиорантом не загрязнено Pb.

Таблица 2. Содержание Pb в зерне тритикале кукурузы в условиях стационарного полевого опыта Каменной степи (мг/кг сухого вещества)

Уровни обеспеченности почвы элементами питания	№ варианта	Pb	
		I	II
тритикале			
Естественный	Контроль	0,23	0,18
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,24	0,16
Повышенный	Контроль	0,35	0,26
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,38	0,24
Высокий	Контроль	0,48	0,33
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,49	0,30
кукуруза			
Естественный	Контроль	0,11	0,14
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,17	0,18
Повышенный	Контроль	0,14	0,19
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,15	0,20
Высокий	Контроль	0,20	0,20
	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	0,21	0,18

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что средства химизации, применяемые в агрохимически целесообразных дозах, не являются источником опасного загрязнения почв и растениеводческой продукции ТМ, в том числе Pb. Более того, на высоком уровне обеспеченности почв элементами минерального питания содержание подвижного Pb в почвах заметно уменьшается, вследствие перехода его в малоподвижное состояние. Во всех вариантах опыта содержание Pb не превысило ПДК. Концентрация свинца в зерне тритикале и кукурузы, при различных условиях возделывания растений, находится в пределах нормы. При внесении фосфогипса наблюдается уменьшение содержания Pb в зерне тритикале.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аканова, Н. И. Фосфогипс нейтрализованный – перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия / Н. И. Аканова // Плодородие. – 2013. – №1(70). – С. 2–7.
2. Мухина, С. В. Агрохимические и экологические аспекты применения удобрений на черноземах юго-востока ЦЧЗ: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. С. В. Мухина. – Воронеж, 2007. – 36 с.
3. Окорков, В. В. Использование фосфогипса в земледелии / В. В. Окорков // Плодородие. – 2013. – №1(70). – С. 20–25.
4. Ковда, В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана / В. А. Ковда – М.: Наука, 1981. – 182 с.
5. Минеев, В. Г. Агрохимия и биосфера / В. Г. Минеев. – М.: Колос, 1984. – 248 с.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
7. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПИРОУГЛЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕПЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

И. А. ГУСЕВА, аспирант,
К. А. ГОРДЕЕВА, магистр,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г. Казань, Россия

В последние десятилетия активно ведется поиск и разработка новых видов удобрений и мелиорантов, позволяющих поддерживать и обеспечивать высокий уровень плодородия почв. В настоящее время растет интерес к пироуглям в аспекте их применения в качестве перспективного почвенного мелиоранта, способствующего повышению урожайности тепличных и сельскохозяйственных культур.

Пироуголь – продукт, получаемый из различных травянистых и древесных остатков, а также из отходов животноводства с помощью пиролиза. Его применение приводит к улучшению физических и физико-химических свойств почв, способствует аккумуляции влаги и питательных веществ, а также повышению урожая и улучшению его качества [1, 2]. Так же в последние годы активно развивается рынок предложений по использованию в сельском хозяйстве гуминовых препаратов, полученных из различных видов сырья. Изучение влияния пироугля, в том числе и модифицированного гуминовыми препаратами, является актуальным с точки зрения получения высоких урожаев и экологически чистых продуктов растениеводства [3].

Цель работы – оценить влияние нативного и модифицированного пироугля на морфометрические показатели *Raphanus sativus* (редис посевной) в условиях вегетационного опыта.

Объектом исследования был пироуголь, приготовленный из остатков древесины липы при низкотемпературном режиме пиролиза (t 450⁰ – 500 °С). Его модификацию проводили, используя гуминовые препараты – «Гумат натрия 80» и «Гумэл Люкс».

В нативных и модифицированных пироуглях определяли содержание доступных элементов питания: гидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия. В качестве тест-объекта использован *Raphanus sativus* (редис посевной), сорт «18 дней».

В вегетационные сосуды с дренажной системой полива помещали приготовленную смесь, состоящую из кварцевого песка и низинного торфа в соотношении 1:1, с добавлением нативного и модифицированного пироугля в концентрации 2,5 % и 5 % от массы смеси. В качестве контроля использовали вариант без внесения пироугля. Опыт проводился в 2-кратной повторности, продолжительность составляла 28 дней. Анализ полученных данных проводился с помощью программ Excel и STATGRAPHICS Plus 5.0

После окончания опыта были определены следующие морфометрические показатели редиса посевного: длина стебля (см), длина корешков (см) и их сырой вес (гр). Данные представлены на рис. 1 и рис. 2.

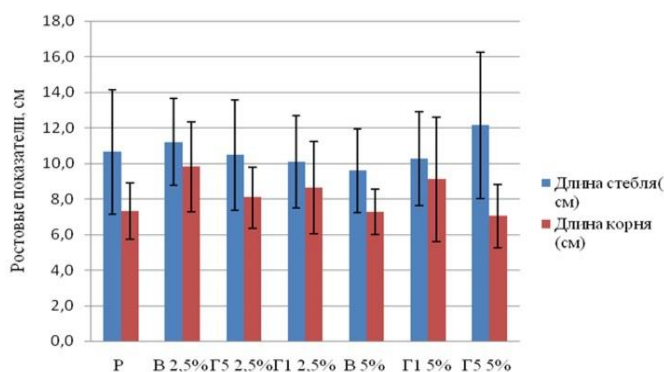


Рис. 1. Влияние нативного и модифицированного пироугля на длину стеблей и корней *Raphanus sativus* (редиса посевного).

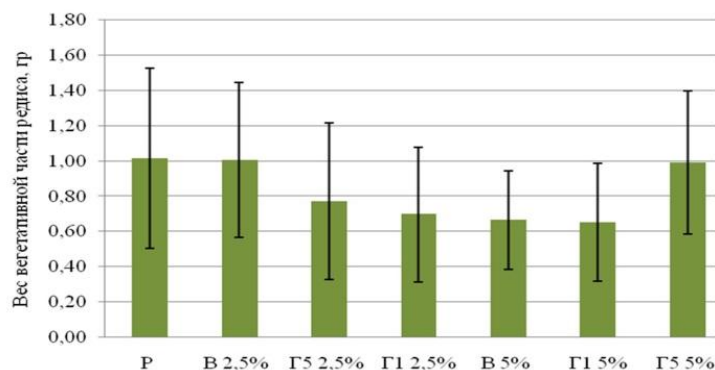


Рис. 2. Влияние нативного и модифицированного пироугля на вес вегетативной части ростков *Raphanus sativus* (редиса посевного).

Р – контроль
В – пироуголь

Г5 – гумат люкс+пироуголь
Г1 – гумат 80+пироуголь

Для достоверности полученных результатов был проведен дисперсионный анализ, который показал, что отсутствует статистически значимое влияние внесения нативного и модифицированного пироугля в различных концентрациях на длину надземной биомассы *Raphanus sativus* (редиса посевного). Однако было показано достоверное влияние как нативного, так и модифицированного гуминовыми препаратами пироугля на длину корневой системы редиса после 28 дней прорастания. Статистически значимая разница наблюдалась в варианте с применением нативного пироугля в концентрации 2,5 % и с применением пироугля модифицированного гуминовым препаратом «Гумат натрий 80» в концентрации 5 % по сравнению с контролем.

Таким образом, полученные результаты показали, что внесение нативного и модифицированного пироугля оказывает положительное влияние только на длину корней редиса посевного (*Raphanus sativus*) при длительности эксперимента 28 дней, а получение существенных различий в длине надземной части и общей биомассы растений, вероятно, требует более длительного проведения вегетационного опыта.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ – проект № 17-04-00869.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова, Н. Е. / Влияние биоугля на свойства почвы и продуктивность растений / Н. Е. Орлова, Н. М. Лабутова, Е. Е. Орлова, Т. А. Банкина // Сборник научных трудов, посвященном 95- летию Кубанского ГАУ. – 2017. – С. 324–325.
2. Разумов, Е. Ю. / Биоуголь: современное представление / Е. Ю. Разумов, Ф. В. Назипова // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 2. – С. 220–222.
3. Левченкова, А. Н. / Влияние обработки гуминовыми препаратами на продуктивность и качество культуры картофеля / А. Н. Левченкова, Н. С. Булыничева, Т. И. Володина // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 15–22.

УДК 631.45:631.153.3:651.95

СЕВООБОРОТ КАК ОДИН ИЗ ПРИЕМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫМ ПЛОДОРОДИЕМ

А. В. ДЕДОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
М. А. НЕСМЕЯНОВА, канд. с.-х. наук, ст. преподаватель
Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
г. Воронеж, Россия

Сложившаяся в настоящее время в сельском хозяйстве экологическая напряженность вызывает необходимость разработки мероприятий, направленных на поддержание устойчивости агроэкосистем, важным этапом которых должно стать рациональное управление почвенным плодородием, ориентированное на оптимизацию гумусного состояния почв. С целью исключения протекания в почве деградиационных процессов особое внимание должно быть уделено разработке адаптивно-ландшафтно-ориентированных севооборотов, в частности севооборотов с применением многолетних бобовых травы в бинарных посевах культур и паровых полях в совокупности с использованием на удобрение соломы зерновых культур, сидерации, а так же их сочетаний на фоне различных приемов обработки почвы [1–7].

Исследования проводились в 2010–2016 годах в Воронежской области на чернозёме типичном, глинистом, с содержанием гумуса в пахотном слое почвы 5,6%. Гидролитическая кислотность – 4,32 г./экв. на 100 г почвы, сумма обменных оснований – 34,1 Мг-экв./100 г почвы, содержание подвижного фосфора (по Чирикову) – 113, обменного калия (по Чирикову) – 184, а гидролизуемого азота – 62,9 мг/кг почвы.

Гидротермические условия вегетационных периодов были различными: 2012, 2013 и 2016 гг. характеризовались как избыточно влажные (ГТК по Селянинову от 1,6 до 2,3), 2010, 2011, 2014, 2015 гг. – как засушливые (ГТК от 0,7 до 0,9).

Исследования проводились в следующих севооборотах:

1) зернопаропропашной (контроль): чистый пар – озимая пшеница – ячмень – $\frac{1}{2}$ подсолнечник + $\frac{1}{2}$ кукуруза;

2) сидеральный: сидеральный пар (донник) – озимая пшеница – ячмень + пожнивной посев горчицы сарептской – $\frac{1}{2}$ подсолнечник + $\frac{1}{2}$ кукуруза с донником;

3) зернотравянопропашной: занятый пар (люцерна) – бинарный посев озимой пшеницы с люцерной 3-го года жизни – ячмень + пожнивной посев горчицы сарептской – $\frac{1}{2}$ подсолнечник + $\frac{1}{2}$ кукуруза с люцерной.

В опыте изучали способы основной обработки почвы под подсолнечник: а) отвальную вспашку на глубину 20–22 см; б) безотвальную плоскорезную обработку на глубину 20–22 см. Под остальные культуры севооборотов проводили дисковую обработку на глубину 10–12 и 12–14 см.

При закладке полевого опыта, проведении анализов использовали общепринятую методику. Размещение культур севооборотов систематическое, повторность трехкратная. Севообороты представлены всеми полями в пространстве.

В течение исследуемого периода в пахотном слое почвы зернопаропропашного севооборота содержание гумуса снизилось: на 0,3 % на фоне вспашки и на 0,2 % при безотвальном рыхлении (рис. 1).

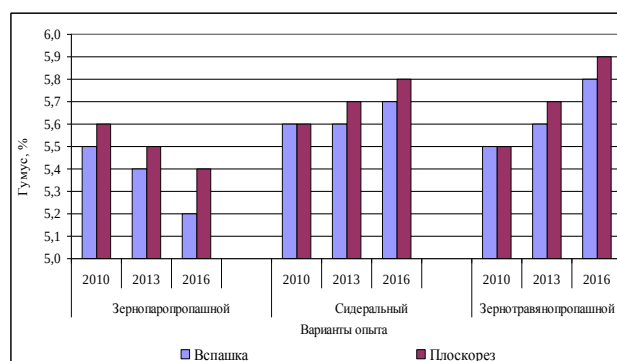


Рис. 1. Содержание общего гумуса в почве при использовании различных приемов биологизации и приемов обработки почвы, %

За этот же период в почве сидерального севооборота был обеспечен бездефицитный баланс гумуса по обоим изучаемым приемам основной обработки почвы. Зернотравянопропашной севооборот характеризовался увеличением содержания гумуса в почве: на 0,3 % по вспашке, и на 0,4 % – при безотвальном рыхлении.

Нерациональное использование черноземов, в данном случае выраженное возделыванием культур без применения приемов биологизации, приводит не только к снижению содержания в почве общего гумуса, но и к уменьшению содержания его подвижных форм, на что указывают в своих исследованиях многие авторы [1–6]. Учитывая, что лабильной частью гумуса является детрит, мероприятия по регулированию плодородия почвы должны быть направлены на сохранение и повышение его содержания [1, 2, 6].

Рассмотрим изменение показателя содержания в почве детрита в зависимости от изучаемых приемов.

В зернопаропропашном севообороте (контроль) в поле чистого пара масса детрита на фоне вспашки составляла 0,120 %, а на фоне безотвального рыхления – на 14 % меньше. Замена чистого пара на занятый и сидеральный увеличивала массу детрита в пахотном слое почвы соответственно в 2,25 и 2,46 раза (на фоне последствия вспашки) и в 2,06 и 2,27 раза (на фоне безотвальной обработки).

В период вегетации масса детрита в пахотном слое почвы под чистым паром и одновидовым посевом подсолнечника достоверно уменьшалась, что связано с высокими темпами разложения

растительных остатков под этими культурами, а также технологией возделывания. Под остальными культурами севооборота масса детрита от посева к уборке на фоне использования приемов биологизации и обработки почвы увеличивалась в 1,2–1,9 раза.

В целом по севообороту зернопропашной севооборот характеризовался наименьшими значениями содержания в почве детрита: 0,173 % по фону вспашки и 0,166 % по фону безотвальной обработки (табл.).

Введение в севооборот донника желтого в качестве бинарного компонента подсолнечника, использование его как сидеральной культуры в паровом поле, а также посеvy пожнивного сидерата позволили обеспечить увеличение содержания в почве детрита на 28 % по фону вспашки и на 20 % по фону плоскорезной обработки.

Увеличению данного показателя на 39 % при вспашке и на 28 % при безотвальной обработке способствовало введение в севооборот люцерны синей: как бинарного компонента и как парозанимающей культуры.

Содержание детрита в пахотном слое почвы севооборотов при использовании различных приемов биологизации и способов обработки почвы (2014–2016 гг.)

Вид севооборота	Содержание детрита, %	% от контроля
Зернопаропропашной (контроль)	<u>0,173</u>	<u>100</u>
	0,166	96
Сидеральный	<u>0,222</u>	<u>128</u>
	0,208	120
Зернотравянопропашной	<u>0,240</u>	<u>139</u>
	0,222	128

Примечание: в числителе – отвальная вспашка на 20–22 см,
в знаменателе – безотвальное рыхление на 20–22 см.

Улучшение показателей содержания в почве органического вещества обеспечило увеличение урожайности возделываемых культур. Если продуктивность зернопаропропашного севооборота на фоне вспашки составила 3,37 т/га к.е., а при безотвальном рыхлении – 3,10 т/га к.е., то при использовании приемов биологизации по этим же фонам обработки почвы она увеличилась соответственно на 13,6 % и 3,8 % в сидеральном севообороте, и на 23,0 и 15,7 % – в зернотравянопропашном.

Таким образом, для повышения плодородия чернозема типичного в условиях лесостепи ЦЧР рекомендуется вводить короткоротационные сидеральный и зернотравянопропашной севообороты с бинарными посевами культур с проведением отвальной обработки почвы под подсолнечник на глубину 20–22 см.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологизация земледелия в основных сельскохозяйственных регионах России / В. А. Семькин [и др.], под ред. Н. И. Картамышева. – М., Издательство КолосС, 2012. – 471 с.
2. Горбачева, А. В. Биологические процессы и плодородие чернозема выщелоченного при использовании приемов биологизации : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : / А. В. Горбачева. – Воронеж, 2005. – 16 с.
3. Дедов, А. В. Бинарные посеvy в ЦЧР / А. В. Дедов, М. А. Несмеянова, Т. Г. Кузнецов. – Воронеж, ВГАУ, 2015. – 140 с.
4. Дедов, А. В. Биологизация земледелия: современное состояние и перспективы / А. В. Дедов, М. А. Несмеянова, Н. В. Слаук // Вестник ВГАУ. – 2012. – N3(34). – С. 57–66.
5. Изменение потенциального плодородия чернозёма при различных способах основной обработки почвы / В. И. Турусов [и др.] // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 12–14.
6. Несмеянова, М. А. Плодородие чернозема типичного и урожайность подсолнечника при различных приемах биологизации и обработки почвы в лесостепи ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М. А. Несмеянова. – Воронеж, 2014. – 23 с.
7. Сотников, Б. А. Влияние приемов биологизации на динамику лабильных форм органического вещества и урожайность культур : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Б. А. Сотников. – Воронеж, 2004. – 18 с.

ПОЧВЫ УКРАИНЫ: ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ, СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АРХИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. М. ДУБЫНА, канд. хим. наук, доцент
Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,
г. Харьков, Украина

А. А. ТИМРОВ, мл. науч. сотрудник,
В. П. ТКАЧЕНКО, канд. хим. наук, ст. научн. сотрудник
Харьковский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологичный институт микрографии,
г. Харьков, Украина

Архивные документы крупномасштабного почвенно-картографического обследования Украины 1957–1961 годов, несмотря на их недостаточную информативность и неполное соответствие современным требованиям, имеют с точки зрения исторического метода исследования научный интерес для сравнительного анализа почвенных карт разных лет в процессе мониторинга состояния почв с целью разработки системы обеспечения их рационального использования [1, 2]. Кроме того, внедрение в Украине рынка земли безусловно вызовет повышенный интерес к архивным документам по вопросам уточнения границ земельных наделов, прав собственности, наследования и т. п. Но поскольку для сохранения информации раньше использовались бумажные носители невысокого качества, то существует проблема считывания информации с таких носителей в связи с угасанием текста и графических элементов (оттиски печатей, резолюций, подписей), которые содержат определенную информацию. Существует несколько причин ухудшения сохранности архивных документов: механические повреждения (физический износ) в результате постоянного использования, особенно при постоянной выдаче одних и тех же документов, неправильное хранение, перемещение и транспортирование документов. Для восстановления угасающей информации на бумажных носителях необходимо проводить реставрационные работы, стоимость которых высокая, а полное клонирование проблемных документов невозможно [3]. К тому же делать правки в оригинале документа с целью улучшения его читаемости запрещено вследствие невозможности в дальнейшем однозначно толковать его содержание.

Поэтому существующая проблема восстановления угасающей архивной информации со временем будет только обостряться. Возникает задача сохранения и улучшения состояния различных видов и форм архивных документов, созданных в прошлые времена, и создание условий для мобильного доступа к ним всех заинтересованных потребителей.

С целью воссоздания текстов архивных документов, касающихся состояния почв, нами был проведен анализ существующих компьютерных программ и методов улучшения читаемости угасающей информации, а также разработана и опробована технология восстановления текстовой и графической составляющих частей электронной копии архивного документа на отдельных слоях.

Современный уровень развития копировальной техники позволяет получать точную электронную копию угасающего документа как в видимом, так и в ИК-диапазонах излучения, на которой возможно улучшение качества текста без риска повреждения оригинала. Публикация отснятой копии дает возможность потребителю работать с документом того же качества, которое характеризует оригинал. Поэтому чаще задача состоит не столько в сохранении физического состояния документа, а в сохранении полезной информации, которую он содержит. Для сохранения информации целесообразно использовать современные цифровые технологии. Первым шагом является перевод информации с аналогового в цифровой вид, что позволяет улучшить качество (контрастность, резкость, диапазон уровней контрастности и цветного фона и других параметров) с использованием специальных программных средств, например Adobe Photoshop, Spotlight, Gimp, Inkscape, что значительно уменьшает затраты на реставрационные работы по восстановлению угасающих текстов [4].

Нами предлагаются такие варианты восстановления информации в электронном виде:

- улучшение всего цифрового документа с помощью стандартных инструментов программ для редактирования цифровых изображений (GIMP);

- улучшение частей текстовой и графической информации цифрового изображения;
- восстановление текста и графических элементов цифрового изображения документа.

Нами на конкретном примере была отработана методика и технология сохранения и улучшения состояния оцифрованного архивного документа (рис.1) с использованием специального программного обеспечения для коррекции графических изображений (Gimp [5]).

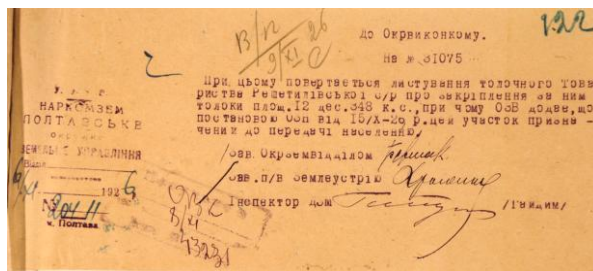


Рис. 1. Оцифрованный угасающий документ

Как видно (рис. 2), наблюдается очевидное улучшение электронного изображения угасающего документа в целом (изменения по всему полю документа), но остается значительное количество элементов, которые тяжело однозначно интерпретировать.

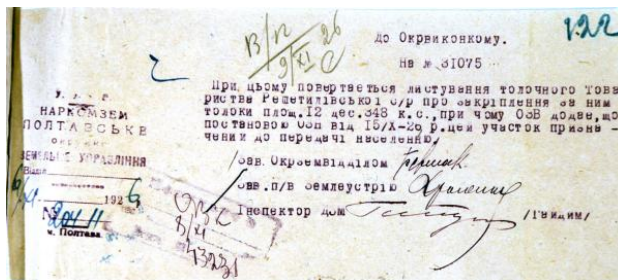


Рис. 2. Улучшенное изображение документа в целом

Некоторые недостатки и дефекты документа невозможно устранить в процессе сканирования с помощью дополнительных блоков и опций программного обеспечения. В этом случае необходима дополнительная улучшения изображения с использованием программного обеспечения пакетной обработки, что автоматически по заданным параметрам устраняет недостатки полученных изображений.

Для более точной и детальной передачи информации нами предложена технология восстановления информационной части электронного изображения документа в отдельных слоях. Например, текст документа, подписи и печати расположены в отдельных слоях (рис. 3 а, б, в, г). Этот вариант восстановления угасающих документов позволяет сохранять информацию не только в графическом виде, но и в текстовом формате.

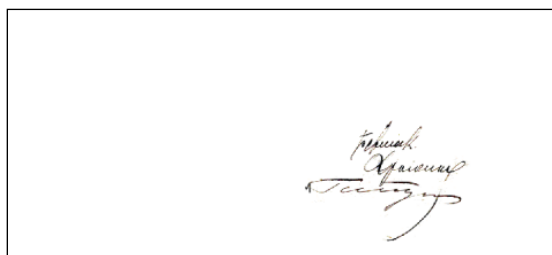


Рис. 3а

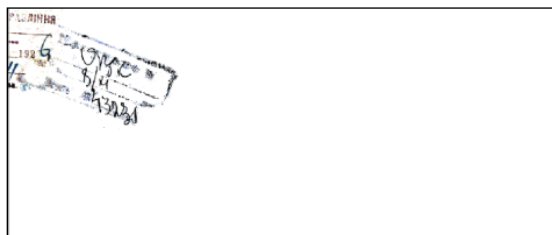


Рис. 3б

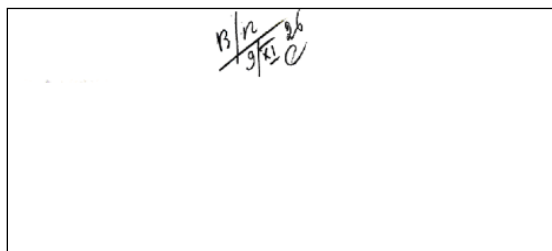


Рис. 3в

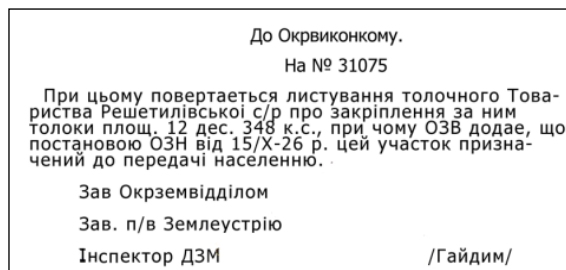


Рис. 3г

Рис. 3 (а,б,в,г) – Восстановление текста и графических элементов цифрового изображения документа послойно

После улучшения читаемости отдельных элементов их накладывают друг на друга, создавая комплексное изображение на документе с улучшенной читаемостью.

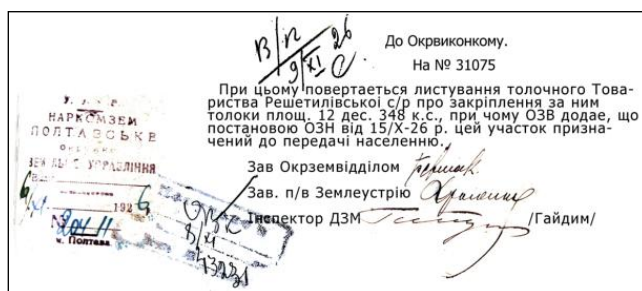


Рис. 4. Восстановленные текст и графические элементы в комплексном изображении документа

Для успешного использования вышеприведенной технологии улучшения читаемости архивных документов и для обработки большого объема графической информации угасающих документов необходимо современное программно-компьютерное обеспечение и квалифицированных специалистов. Полученные улучшенные электронные копии документов можно использовать на более надежных носителях и размещать на электронных серверах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Achasov A. V., Achasova A.O., 2010, «Integral analysis of remote sensing data and digital relief models for large-scale ground mapping», Vestnik KhNAU, No. 4, pp. 28–32.
2. Drozd O. M., 2015, «Ensuring the rational use of alkaline soils south of Ukraine with GIS», Visnik KhNAU, №2, p. 24–30.
3. Grum-Grzhimailo Yu., Sabennikova V., «Some problems of publication of archival documents in electronic publications «Russian Historical and Archival Journal «Vesnik archivist.ru» [Electronic resource], access mode: www.vestarchive.ru
4. Privalov V. F., 2003, «Ensuring the preservation of archival documents on a paper basis», Moscow, Rosarchive; VNIIDAD, 112 p.
5. Kharitonov A. V., 2006, «Recovering fading texts and images of archival documents: a method. Recommendations», Moscow, 92 p.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ РИСА НА СОЛЕВОЙ БАЛАНС ПОЧВ

К. В. ДУДЧЕНКО, канд. с.-х. наук,
Т. М. ПЕТРЕНКО, мл. науч. сотрудник,
М. М. ДАЦЮК, мл. науч. сотрудник,
Е. И. ФЛИНТА, мл. науч. сотрудник
Институт риса НААН,
г. Скадовск, Херсонская область, Украина

Выращивание риса по технологии, с учетом требования охраны окружающей среды, требует создания и поддержания в течение вегетации культуры слоя воды на поле. Это возможно на рисовых оросительных системах (РОС), которые являются сложными гидротехническими и инженерными сооружениями. Площадь, занятая рисом в 2016 году, составляла 11,7 тыс. га, а урожайность – 5,34 т/га. В данных условиях отрасль обеспечит потребность в крупе риса только на 50 %, что обуславливает необходимости увеличения объемов производства риса.

Это возможно двумя путями: увеличение эффективности использования рисовых оросительных систем и увеличение посевных площадей культуры. Строительство новых рисовых оросительных систем открытого или закрытого типов требует значительных капиталовложений и имеет большой срок окупаемости. Выращивание риса как суходольной культуры позволяет отказаться от строительства РОС и использовать системы капельного орошения или дождевания.

Выращивания риса как суходольной культуры требует соблюдения режима орошения, который значительно отличается от действующей технологии. Это повлияет также на водно-воздушный, солевой и питательный режимы почвы. Накопление легкорастворимых солей, токсичное засоление или вторичное осолонцевание почвы могут сделать почвы непригодной для сельскохозяйственного использования. Поэтому необходимо исследовать влияние различных режимов орошения риса на солевой баланс почвы.

Исследования проводились на территории Института риса НААН. Открытая рисовая оросительная система площадью 190 га. Севооборот 8-польный с 50 % насыщенностью рисом. Почвенный покров представлен лугово-каштановой легкоглинистой солонцеватой солонцом луговым, темно-каштановой солонцеватой типами почв.

Источник орошения – Краснознаменский оросительный канал. Оросительная вода I класса качества (согласно ГОСТ 7591:2014, ГОСТ 2730:2015). Оросительная норма на РОС 18 тыс. м³/га, в условиях капельного орошения 11 тыс. м³/га.

Климат территории исследования умеренно-континентальный. Средняя продолжительность безморозного периода 224 дня. Суммарное испарение 1000–1500 мм. Преобладающее направление ветров восточное и северо-восточное. Летом скорость достигает иногда до 25 м/с. Сумма активных температур за вегетационный период составляет 2814,5–3464,4 °С.

Равномерность выпадения осадков на протяжении года обычно неблагоприятна для нужд отрасли растениеводства. Летом осадки часто выпадают в виде проливных дождей. Общее количество осадков 300–330 мм на год.

Расчет солевого баланса производился по уравнению:

$$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = S_5 + S_6 + S_7 + S_9 \pm S_{10}, \quad (1)$$

где, S_1 – запасы солей балансовом слое почвы в начале расчетного периода; S_2 – запасы солей в грунтовых водах балансового слоя в начале расчетного периода; S_3 – поступление солей с оросительной водой; S_4 – поступление солей с удобрениями; S_5 – запасы солей в балансовом слое почвы в конце расчетного периода; S_6 – запасы солей в грунтовых водах балансового слоя в конце расчетного периода; S_7 – вынос солей с дренажно-сбросными водами; S_9 – вынос солей с урожаем; S_{10} – солеобмен с нижними горизонтами [5].

Определение содержания солей в слое почвы 2 м проводилось до посева (апрель) и после уборки сельскохозяйственных культур (октябрь–ноябрь). Отбор образцов почвы для исследования солевого режима почв проводился методом сплошной колонки каждые 20 см до 1 м, и каждые 50 см на глубине 1–2 м.

Самые большие запасы солей в балансовом слое почвы весной отмечены на полигоне капельного орошения (35,22 т/га). Содержание солей в почвах открытой РОС было самым высоким весной в лугово – каштановой солонцеватой почве (27,23 т/га), а самый низким в солонце луговом (22,20 т/га).

Осенью – самыми большими запасами солей в почве характеризовался полигон капельного орошения (64,53 т/га), а самыми низкими почвы РОС, содержание солей в которых было приблизительно одинаково (23,98–23,38 т/га).

Запасы солей в грунтовых водах зависят в первую очередь от их режима. Так, самым высоким этот показатель был на участке РОС с типом почвы солонец луговой (3,68 т/га весной, 5,20 т/га осенью), самым низким на полигоне капельного орошения, где уровень грунтовых вод не превышал 2 м (таблица).

Минерализация оросительной воды за годы исследований колебались в пределах 0,34–0,57 г/дм³. Поступление солей с орошаемой водой в открытых РОС составляет 6,16–6,50 т/га (17,67–20,98 %), а на полигоне капельного орошения – 12,69 %. Данный показатель не имеет значительного влияния на формирование солевого баланса поля.

Согласно действующей технологии выращивания риса, до посева вносятся азотные удобрения (сульфат аммония), во время посева – фосфорные (суперфосфат простой), подкормка проводится мочевиной. Поступление солей с минеральными удобрениями на открытой РОС колебалась в пределах 0,66–0,80 т/га, что составляет 1,80–2,58 %. На полигоне капельного орошения данный показатель составил 0,88 т/га, или 1,35 %.

Выращивание риса на открытых РОС предусматривает отведение за пределы системы дренажно-сбросных вод. Вынос солей с дренажно-сбросными водами составил 2,04–1,95 т/га (6,55–4,57 %).

Вынос солей с урожаем на открытой РОС колебался в пределах 0,39–0,54 %, что составляет 1,65–1,26 %. На полигоне капельного орошения данный показатель составил 0,91 %.

Солевой баланс рисового поля, предшественник рис

Показатели	Рисовая оросительная система						Полигон капельного орошения	
	лугово-каштановая солонцеватая		солонец луговой		темно-каштановая солонцеватая		темно-каштановая	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Поступление								
Запасы солей в почве апрель	27,23	77,93	22,20	67,70	23,68	76,43	35,22	54,09
Запасы солей в грунтовых водах, апрель	0,90	2,63	3,68	11,22	0,00	0,00	0,00	0,00
Поступление солей с оросительной водой	6,16	17,64	6,16	18,79	6,50	20,98	8,27	12,69
Поступление солей с удобрениями	0,63	1,80	0,75	2,29	0,80	2,58	0,88	1,35
Всего солей в балансовом слое	34,95	100,00	32,79	100,00	30,98	100,00	65,12	100,00
Вынос								
Запасы солей в почве, октябрь	23,98	68,61	23,68	72,21	23,38	75,48	64,53	99,09
Запасы солей в почвенных водах, октябрь	3,10	8,93	5,20	15,86	3,10	10,07	0,00	0,00
Вынос солей с дренажно-сбросными водами	2,04	5,84	2,04	6,22	1,45	4,67	0,00	0,00
Вынос солей с урожаем	0,53	1,52	0,54	1,65	0,39	1,26	0,59	0,91
Солеобмен с нижними горизонтами	-5,28	-15,11	-1,33	-4,07	-2,64	-8,52	20,75	31,86
Всего в балансовом слое	34,95	100,00	32,79	100,00	30,98	100,00	65,12	100,00

Интенсивность рассоления почвы во время выращивания риса зависит от уровня подпочвенных вод и наличия дренажа. В условиях низкого, ниже 2 м, или стабильно высокого уровня, 1,3–1,5 м, залегания подпочвенных вод происходит накопление легкорастворимых солей в поверхностных слоях почвы. Исследования показали, что самая высокая интенсивность рассоления почвы зафиксирована на открытой РОС, на лугово-каштановых почвах (15,11 %).

На полигоне капельного орошения было зафиксировано накопление легкорастворимых солей в слое почвы 2 м. Это обусловлено глубоким залеганием подпочвенных вод в течение вегетационного периода (ниже 2 м), отсутствием дренажа и обустройством полигона на участке, который ранее не орошался.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кац Д. М. Влияние орошения на грунтовые воды. М.: Колос, 1976. 271 с.

2. Химич Д. П. Водно-солевой баланс и отдельные вопросы мелиоративного состояния оросительных систем Приморской солонцевой зоны юга Украины: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1968. 20 с.
3. Рис Придунав'я: колективна монографія / за ред. В. А. Сташука, А.М. Рокочинського, П. І. Мендуся, В. О. Турченко. Херсон: Гринь Д.С., 2016. 620 с.
4. Технологія вирощування рису з врахуванням вимог охорони навколишнього середовища в господарствах України / Дудченко В. В. та ін.]. Херсон: вид-во «Наддніпряночка», 2008. 71с.
5. Морозов В. В., Грановська Л. М., Поляков М. Г. Еколого-меліоративні умови природокористування на зрошуваних ландшафтах України : навчальний посібник. – Київ-Херсон: Айлант, 2003. 208 с.
6. Land use changes in Europe: processes of change, environmental / ed. F. M. Brouwer, A. J. Thomas, M. J. Chadwich. York : Springer Science + Business Media, 1991. 515 p.
7. Титков А. А., Кольцов А. В. Эволюция рисовых ландшафтно-мелиоративных систем в Украине. Симферополь: [б. в.], 2007. С 69-86.
8. Лимар А. О. Екологічна ситуація Причорномор'я залежно від зміни клімату. Таврійський науковий вісник. Херсон: Айлант, 2012. Вип. 81. С. 84–92.
9. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р.А. Вожеговой. Херсон: Гринь Д.С., 2014. 286 с.
10. Ганиев М. А., Кружилин И. П., Кузнецова Н. В., Родин К. А. Возделывание риса при периодических поливах на землях ООО Агрокомплекс «Прикубанский» Краснодарского края. Известия Нижневолжского Аграрного университетского комплекса. 2013. №4 (32). С 29–32.

УДК 631.672:631.587:633.18 (477)

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА НА СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ПОЧВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

Е. В. ДУДЧЕНКО, канд. с.-х. наук
Институт риса НААН,
г. Скадовск, Херсонская область, Украина

Площадь посевов риса в мире составляет 164 млн га, а 75 % ежегодного урожая риса выращено при постоянном затоплении. Такой водно-воздушный режим почвы вызывает развитие процессов заболачивания, оглеения, засоления, вторичного осолонцевания и приводит к снижению плодородия почвы [1–3].

Изменение характера протекания основных грунтовых процессов, выращивание риса в условиях постоянного затопления, может привести к изменениям естественного почвообразовательного процесса на совершенно новый, несвойственный естественным условиям территории. Может быть несколько сценариев его развития [4].

Новый тип почвообразовательного процесса может наследовать основной естественный процесс. Это наиболее вероятно, для условий пойм и дельт рек, где затопления не вносят значительных изменений в водно-воздушный и другие режимы почвы, поэтому значительного изменения почв под рисом не зафиксировано. К таким типам почв относятся луговые, болотные, глеевые, которые развивались в условиях переувлажнения [5, 6].

Резкое изменение природных факторов, за счет выращивания риса, может привести к снижению скорости протекания почвообразовательного процесса, является наиболее характерным для почв степной зоны. В Украине зафиксированы случаи деградации почвенного покров под рисом, особенно при монокультуре [7–9].

Возможно также есть такое изменение почвообразовательного процесса, которое приводит к формированию нового типа почв [4].

Значительное влияние режим орошения оказывает именно на солевой режим почв, что особенно актуально для почв рисовых оросительных систем (РОС), которые были построены на засоленных почвах. Выращивание риса привело к рассолению почв, но опасность развития негативных процессов существует при нарушении проектного режима эксплуатации РОС.

Исследование проводится на рисовой оросительной системе с площадью 190 га. На опытной РОС используется 8-польный севооборот с насыщенностью рисом не более 50 %. Почвенный покров представлен лугово-каштановой солонцеватой, солонцом луговым, темно-каштановой солонцеватой типами почв.

Климат на участке опытной РОС умеренно-континентальный. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 224 дня. Суммарное испарение 1000–1500 мм. Сумма активных температур за вегетационный период (апрель–октябрь) составляет 2814,5–3464,4 °С. Равномерность выпадения осадков в течение года обычно неблагоприятная для нужд отрасли растениеводства. Летом осадки часто выпадают в виде проливных дождей. Общее количество осадков 300–330 мм в год.

Для полива используется вода I класса качества (минерализация 0,3–0,4 г/л). Режим орошения риса на опытной РОС выдерживается согласно технологии выращивания риса с учетом требований

охраны окружающей среды. Так, оросительная норма составляет 15–18 тыс. м³/га, а технологические сбросы – 2–3 тыс. м³/га [13].

Отбор образцов грунта для исследования солевого режима почв проводился методом сплошной колонки каждые 20 см до 1 м и каждые 50 см на глубине 1–2 м до посева и после уборки сельскохозяйственных культур [16]. Отбор оросительной и дренажно-сбросной воды проводился 1 раз в месяц в течение вегетационного периода риса. Определение ионного состава почвы проводилось методом водной вытяжки, рН – потенциометрическим методом. Состав гипотетических солей рассчитывался по методике Н. И. Базилевич и Е. И. Панковой.

Расчет солевого баланса производился по уравнению:

$$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = S_5 + S_6 + S_7 + S_9 \pm S_{10}, \quad (1)$$

где, – запасы солей в грунтах зоны аэрации в начале расчетного периода; – запасы солей в грунтовых водах балансового слоя в начале расчетного периода; – поступление солей с оросительной водой; – поступление солей с удобрениями; – запасы солей в грунтах зоны аэрации в конце расчетного периода; – запасы солей в грунтовых водах балансового слоя в конце расчетного периода; – вынос солей с дренажно-сбросной водой; – вынос солей с урожаем; – солеобмен с нижележащими горизонтами [15].

Солевой баланс почв рисовых севооборотов имеет импульсный характер – выращивание риса приводит к значительному рассолению почв на 16,70–71,70 %. При выращивании сои данный показатель составляет 14,13–47,26 %. Выращивание сопутствующих сельскохозяйственных культур – озимой пшеницы, ярового ячменя приводит к увеличению содержания солей в балансовом слое почвы на 0,88–50,44 %. Поэтому для оценки солевого режима почв рисового севооборота необходимо анализировать солевой баланс почвы не менее чем за 1 ротацию севооборота.

Приход солей в почву происходит за счет: запасов солей в грунтовых водах до посева сельскохозяйственных культур (апрель), оросительной воды, внесения удобрений. Расходными статьями являются запасы солей в грунтовых водах после уборки сельскохозяйственных культур (октябрь), вынос солей с урожаем, вынос солей с дренажно-сбросными водами и солеобмен с нижележащими горизонтами почвы.

Запасы солей в почвах в первый год проведения исследования были примерно одинаковыми для всех типов почв 25,46–31,97 т/га (22,17–38,07 %), через 10 лет эксплуатации РОС данный показатель незначительно увеличился на всех стационарных участках.

Режим орошения риса способствует поднятию уровня грунтовых вод до уровня 0,5–1,6 м. Выращивание сопутствующих сельскохозяйственных культур наоборот приводит к снижению уровня грунтовых вод до 1,8–2,0 м и ниже. Минерализация грунтовых вод колеблется от 0,60 г/л до 4,20 г/л. Поступление солей с грунтовыми водами в октябре основном превышает данный показатель в апреле. Данная статья солевого баланса составляет 8,22–41,14 % (таблица).

Солевой баланс основных типов почв РОС за период эксплуатации 10 лет

Показатели	Тип почвы					
	темно-каштановая солонцеватая		лугово-каштановая солонцеватая		солонец луговой	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Поступление						
Запасы солей в почве, апрель	29,90	33,58	31,97	38,07	25,46	22,17
Запасы солей в почвенных водах, апрель	18,30	20,55	6,90	8,22	39,00	41,14
Поступление солей с оросительной водой	36,15	40,61	39,04	46,49	44,47	46,91
Поступление солей с удобрениями	4,68	5,26	6,06	7,22	5,91	5,15
Всего солей в балансовом слое	89,03	100,00	83,97	100,00	114,84	100,00
Вынос						
Запасы солей в почве, октябрь	37,00	41,56	32,26	38,42	31,08	27,06
Запасы солей в грунтовых водах, октябрь	24,73	27,78	9,52	11,34	34,45	30,00
Вынос солей с дренажно-сбросными водами	9,45	10,61	10,95	13,04	10,30	8,97
Вынос солей с урожаем	7,41	8,32	5,47	6,51	5,47	4,76
Солеобмен с нижележащими горизонтами	10,44	11,72	25,76	30,68	33,54	29,20
Всего в балансовом слое	89,03	100,00	83,97	100,00	114,84	100,00

Минерализация оросительной воды за период исследований колебалась в пределах 0,30–0,57 г/л. Поступление солей с оросительной водой составляет 34,79–45,11 т/га, или 40,61–46,91 %.

Поступление солей с удобрениями за период исследований составило 4,68–5,72 т/га (5,15–7,22 %).

Объем дренажно-сбросных вод за вегетационный период риса за годы исследований составлял 2,3–3,5 тыс. м³/га, а минерализация 0,49–0,71 г/л. Вынос солей с дренажно-сбросными водами составляет 9,39–10,04 т/га (8,97–13,04 %).

Вынос солей с урожаем сельскохозяйственных культур составляет 5,00–7,41 т/га (4,76–8,32 %).

Исследования показывают, что выращивание риса на рисовых оросительных системах в севообороте с наполненностью рисом не более 50 % приводит к рассолению почв. В среднем величина рассоления почвенного профиля за 10 лет составляет 11,72–30,68 % (таблица).

Рассоление почв РОС при длительной эксплуатации в проектом режиме и соблюдении севооборота составляет 11,72–30,68 % в зависимости от почвенно-мелиоративных и других условий. При этом промывание почвенного профиля может происходить не полностью, более интенсивно происходит рассоление поверхностных слоев. Интенсивное рассоление почвы приводит к изменению состава гипотетических солей, типа засоления, а в отдельных случаях накопления токсических солей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Szabolcs, I. Prospects of soil salinity for the 21st Century. In Proceedings of the 15th World Congress of Soil Science (ISSS), Acapulco, Mexico City, 1994. Volume 1. P. 123–141.
2. Веригин Н.Н., Васильев С.В., Куранов Н.П., Саркисян В.С., Шульгин Д.Ф. Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод / под ред. Н.Н. Веригина. Москва: Колос, 1979. 336 с.
3. Железо в питании и продуктивности риса / А.Х. Шеуджен, и др. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. 152 с.
4. Кольцов А.В., Титков А.А. Эволюция рисовых ландшафтно-мелиоративных систем на юге Украины. Симферополь: СОНАТ, 2004. 308 с.
5. Фридланд В.М. Почвы и коры выветривания влажных тропиков. Москва: Наука, 1964. 311 с.
6. Янчковский Ю.Ф. Солевой режим на рисовых полях. Гидротехника и мелиорация, 1973. №9. С. 63–67.
7. Гусев П.Г., Бажанов В.Ф. Влияние монокультуры риса на содержание и запасы гумуса в луговых солонцах Крымского Присивашья. Бюл. Почвенного института им. В.В. Докучаева. Москва, 1976. Вып. 13. С. 27–33.
8. Кириенко Т.Н. Рисовые поля Украины и пути оптимизации почвообразовательных процессов. Львов: Вища школа, 1984. 184 с.
9. Полупан Н.И. Изменение свойств почв под культурой риса. Почвоведение, 1985. Вып. 18. С. 61–67.
10. Технологія вирощування рису з врахуванням вимог охорони навколишнього середовища в господарствах України / Дудченко В.В. та ін.; Херсон: вид-во «Наддніпряночка», 2008. 71 с.
11. Дудченко В.В., Корнбергер В.Г., Морозов В.В., Морозов О.В., Дудченко К.В. Рисові зрошувальні системи: використання дренажно-сбросних вод. Херсон : ФОП Гринь Д.С., 2016. 212 с.
12. Рис в Україні: [колективна монографія] / за ред. д.т.н., професора, член-кор. НААНУ В.А. Сташука, д.т.н., професора А.М. Рокочинського, д.е.н., професора Л.М. Грановської. - Херсон: Гринь Д.С., 2014.- 976 с.
13. Морозов В.В., Грановська Л.М., Поляков М.Г. Еколого-мелиоративні умови природокористування на зрошуваних ландшафтах України : навчальний посібник. Київ-Херсон: Айлант, 2003. 208 с.
14. Кац Д.М. Влияние орошения на грунтовые воды. М.: Колос, 1976. 271 с.
15. Рис Придунав'я: колективна монографія / за ред. В.А. Сташука, А.М. Рокочинського, П.І. Мендуся, В.О. Турченко. Херсон: Гринь Д.С., 2016. 620 с.
16. Кольцов А.В., Титков А.А., Сычевский М.Е., Барило В.Н., Макушин А.В. Агроэкологическая обстановка и перспективы развития рисосеяния на юге Украины. Симферополь, 1994. 225 с.

УДК 631.4:631.417

ОЦЕНКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ОРШАНСКО-МСТИСЛАВСКОГО ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНА

С. В. ДЫДЫШКО, аспирант,
Т. Н. АЗАРЕНКО, канд. с.-х. наук, доцент,
С. В. ШУЛЬГИНА, канд. с.-х. наук, доцент
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

В исследованиях последних лет все больше внимания уделяется установлению влияния длительного сельскохозяйственного использования почв на содержание и качество их органического вещества – важнейшего естественного энергетического источника, определяющего формирование главного свойства почв – плодородия [1–3]. Почва, характеризующаяся оптимальным сочетанием показателей гумусного состояния, отличается максимальной и стабильной производительной способностью и устойчивостью к действию антропогенного фактора.

Дерново-палево-подзолистые почвы, сформировавшиеся на лессовых и лессовидных суглинках, занимают около 14 % пахотных земель республики, а на территории Оршанско-Мстиславского

почвенно-экологического района (ПЭР) – более 60 % пахотных земель [4]. Исследуемые почвы являются одними из самых плодородных и интенсивно используемых в сельскохозяйственном производстве. Оценка их устойчивости к возрастающим антропогенным воздействиям должна быть основана на определенных качественных и количественных критериях, характеризующих изменение свойств почв на основе современных показателей их гумусного состояния. Выявить направленность их эволюции возможно при условии наличия «нулевой точки отсчета», а именно, естественных эталонных почв.

Для установления наиболее динамичных показателей гумусного состояния под влиянием агрогенных воздействий на пахотных землях СПК «Знамя труда» Мстиславского района Могилевской области заложена катена, характеризующая дерново-палево-подзолистые суглинистые хорошо- (разрез №4М) и высокоокультуренные (разрез №5М) почвы, сформировавшиеся на мощных лессовидных отложениях. В ГЛХУ «Горецкий лесхоз» Горецкого района Могилевской области заложен разрез №3М, характеризующий их естественный аналог.

Групповой и фракционный состав гумуса гумусово-элювиального и пахотных горизонтов проведен по методу И. В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой – Т. А. Плотниковой [5–6] в лаборатории почвенно-агрохимических анализов института показатели гумусного состояния – по Д. С. Орлову [7], подвижность гумуса (P_r) – по формуле (1) (О. Н. Бирюкова, Д. С. Орлов, Л. Ю. Рейнтам, 1986), показатель лабильности гумуса ($P_{\text{лаб}}$) – по формуле (2) (Л. Г. Бакина, Н. Е. Орлова, 2004) [8]:

$$P_r = (ГК-I + ФК-I) / (ГК-II + ФК-II) \quad (1)$$

$$P_{\text{лаб}} = (ГК-I + ФК(I+I_a)) / (ГК-II + ФК-II) \quad (2)$$

Сравнительный анализ полученных данных на примере Оршанско-Мстиславского ПЭР показал, что естественная почва и ее хорошо окультуренный аналог характеризуются средним содержанием [7] свободных гуминовых кислот (ГК-I) – 56,26 и 45,45 % от суммы ГК соответственно и низким уровнем содержания ГК-II, связанных с Ca^{2+} – 24,99 и 25,00 %. Высокоокультуренная почва характеризуется низким содержанием свободных ГК-I (34,48 %) и средним уровнем содержания ГК-II, связанных с Ca^{2+} (48,28 % от суммы ГК).

Самое низкое содержание агрессивной фракции фульвокислот (I_a) свойственно горизонту $A_{\text{п}}$ хорошо- и высокоокультуренной почвы – 2,02 % и 3,53 % соответственно (по Орлову – низкий уровень), а самое высокое содержание данной фракции характерно для гумусово-элювиального горизонта A_1A_2 естественной почвы – 10,20 % (по Орлову – средний уровень). Если содержание I и I_a фракций от суммы ФК в горизонте A_1A_2 естественной почвы составляет 63,97 %, то в горизонте $A_{\text{п}}$ хорошоокультуренной почвы – 23,07 %, а в высокоокультуренной достигает 45,23 %.

Таблица 1. Групповой и фракционный состав исследуемых почв Оршанско-Мстиславского ПЭР, %

№ разреза, горизонт, глубина отбора образца, см	Гуминовые кислоты (ГК)			Фульвокислоты (ФК)			
	I	II	III	I_a	I	II	III
3М	<u>18,37*</u>	<u>8,16</u>	<u>6,12</u>	<u>10,20</u>	<u>6,12</u>	<u>1,02</u>	<u>8,17</u>
A_1A_2 (10–15)	56,26	24,99	18,75	39,98	23,99	4,00	32,03
4М	<u>20,20</u>	<u>11,11</u>	<u>13,13</u>	<u>2,02</u>	<u>4,04</u>	<u>16,16</u>	<u>4,04</u>
$A_{\text{п}}$ (5–10)	45,45	25,00	29,55	7,69	15,38	61,54	15,39
5М	<u>20,20</u>	<u>28,28</u>	<u>10,10</u>	<u>3,53</u>	<u>6,06</u>	<u>6,06</u>	<u>5,55</u>
$A_{\text{п}}$ (5–10)	34,48	48,28	17,24	16,65	28,58	28,58	26,19

Примечание: *в числителе – % от общего органического углерода ГК, ФК, в знаменателе – % от суммы ГК, ФК.

По мере роста степени окультуренности наблюдается расширение соотношения гуминовых и фульвокислот. Естественная почва и ее окультуренный аналог характеризуются фульватно-гуматным типом гумуса ($C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}}$ составляет 1,28 и 1,69 соответственно), а высокоокультуренная почва – гуматным типом гумуса ($C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}} - 2,76$) (табл. 2).

Исследуемые почвы имеют очень высокую степень гумификации органического вещества, которая возрастает от естественной (56,14 %) к хорошо- (62,86 %) и высокоокультуренной почве (73,43 %). Содержание гумина снижается в этом же направлении от 41,84 до 29,30 % и 20,22 %.

Таблица 2. Показатели гумусного состояния исследуемых почв
Оршанско-Мстиславского почвенно-экологического района

№ разреза, горизонт, глубина отбора образца, см	Гумус, %	C _{общ.} , %	C _{гк} /C _{фк}	Степень гумифи- кации, %	Гумин, %	Запасы гумуса, т/га	N _{общ.} , %	Обогащен- ность гумуса азотом (C:N)
3М A ₁ A ₂ (10–15)	1,69	0,98	1,28	56,14	41,84	26,03	0,08	12,25
4М Ап (5–10)	1,71	0,99	1,69	62,86	29,30	64,14	0,09	11,00
5М Ап (5–10)	3,41	1,98	2,76	73,43	20,22	143,22	0,17	11,65

Одним из основных качественных показателей гумуса является обогащенность его азотом, судить о котором позволяет отношение C/N. Как естественная почва, так и ее окультуренные аналоги характеризуются низким уровнем обогащенности азотом ($C:N \geq 11,0$) (табл. 2).

Информативным показателем гумусного состояния почв являются также его запасы. Естественная почва в Оршанско-Мстиславском ПЭР характеризуется очень низким уровнем по запасам гумуса в 0–20 см слое – 26,03 т/га, окультуренная почва – низким (64,14 т/га), а высокоокультуренная – средним уровнем (143,22 т/га).

С увеличением степени окультуренности наблюдается снижение показателей подвижности и лабильности гумуса по сравнению с естественной почвой, т. е. гумус становится более стабильным (рис. 1).

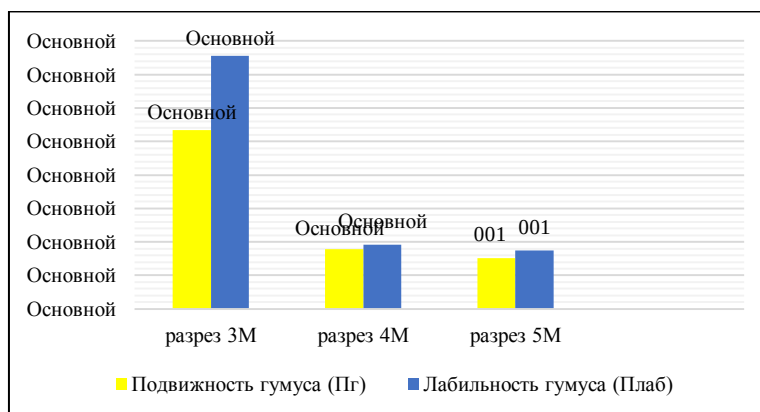


Рис. 1. Показатели подвижности и лабильности гумуса
дерново-палево-подзолистых почв Оршанско-Мстиславского ПЭР

К подвижным/лабильным гумусовым веществам относятся наиболее молодые формы гумуса, которые непрочно связаны с минеральной частью почвы, отличаются повышенным содержанием азота (C/N не более 12) и способны достаточно быстро трансформироваться. Поскольку лабильные и подвижные гумусовые вещества неустойчивы в биохимическом отношении, они являются наиболее доступным источником питания растений и микроорганизмов и характеризуют эффективное плодородие почв [9].

Наибольшие показатели подвижности и лабильности гумуса отмечаются в гумусово-элювиальном горизонте A₁A₂ естественной почвы и составляют 2,67 и 3,78 соответственно, что связано с наибольшим содержанием свободных фракций ГК-I и ФК-I. В окультуренных аналогах показатели подвижности и лабильности гумуса снижаются по сравнению с естественной почвой, что объясняется снижением содержания свободных фракций ГК-I, ФК-I, агрессивной фракции ФК-Ia и возрастанием содержания фракций ГК-II, ГК-III и ФК-II гуминовых и фульвокислот, т. е. в окультуренных аналогах возрастает содержание фракций ГК и ФК, прочносвязанных с почвой, гумус становится более стабильным и определяет потенциальное плодородие почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, И. А. Гумусное состояние пахотных дерново-подзолистых почв Северо-запада России и его трансформация в современных условиях / И. А. Иванов, А. И. Иванов // Агрохимия. – 2000. – № 2. – С. 22–26.
2. Травникова, Л. С. Закономерности гумусоаккумуляции: новые данные и их интерпретация / Л. С. Травникова // Почвоведение. – № 7. – 2002. – С. 832–843.
3. Агрогенная трансформация дерново-подзолистых легкосуглинистых почв (на примере СПК «Агрофирма Лучники» Слуцкого р-на) / Г. С. Цытрон [и др.] // Земляробства і аховараслін. – 2008. – №2 (57) – С. 49–52.
4. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Г. И. Кузнецов, Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон [и др.] / под ред. Г. И. Кузнецова, Н. И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
5. Пономарева, В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 221 с.

6. Почвы. Методы определения органического вещества: ГОСТ 26213-91. – Введ. 29.12.91. – М: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 8 с.
7. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
8. Бакина, Л. Г. Роль фракций гумусовых веществ в почвенно-экологических процессах: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Л. Г. Бакина; Агрофизический научно-исследовательский ун-т. – СПб., 2012. – 381 с.
9. Литвинович, А. В. Изменение показателей почвенного плодородия и лабильной части гумуса дерново-подзолистой песчаной почвы при интенсивном окультуривании и в условиях хозяйственного истощения / А. В. Литвинович, О. Ю. Павлова, Д. В. Чернов // Агрохимия. – 2003. – № 1. – С. 37–38.

УДК 631.874

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ДЛИТЕЛЬНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ

Л. П. ЕВСТРАТОВА д-р с.-х. наук, профессор, врио директора
ФГБНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция»,
п. Новая Вилга, Прионежский р-н, Республика Карелия,
Л. В. ТИМЕЙКО канд. биол. наук, доцент
Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет,
г. Петрозаводск, Республика Карелия,
ФГБНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция»,
Е. В. ДУБИНА-ЧЕХОВИЧ
ФГБНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция»,
п. Новая Вилга, Российская Федерация

В настоящее время торфяные месторождения, болота и заболоченные земли занимают 5,4 млн га, что составляет около 37 % площади гослесфонда республики Карелия. В 60–70-х годах прошлого столетия осушено более 230 тыс. га открытых болот [1].

Накопленный в годы интенсивного ведения земледелия ценный опыт использования торфа был в значительной мере утерян за годы аграрного кризиса в стране. Сегодня этот вопрос вновь становится актуальным и масштабы использования торфа как удобрительного средства в РФ постепенно возрастают. Усложнение экологической обстановки, рост цен на минеральные удобрения усилили интерес к поиску новых источников питания растений [2].

Использование ранее осушенных и много лет используемых в сельском хозяйстве торфяных почв может идти в двух направлениях:

- а) как источник обогащенных органических удобрений;
- б) как объект для рекультивации и превращения их в плодородные культурные угодья [3].

В данных исследованиях указанные направления были объединены. Получив качественные органические удобрения, задействованные участки подвергали рекультивации. Осуществление такой программы проводили путем создания экологически адаптированной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, основанной на фитомелиорации. Сочетание торфа с легко минерализуемым веществом зеленых удобрений способствует увеличению интенсивности разложения органического вещества и повышению общей биогенности почвы [2, 3, 4].

Объектом исследования являлись осушенные торфяные почвы, расположенные на территории ФГБНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция» в Прионежском районе Республики Карелия. Объект «Вилга ДКП-Центральный» общей площадью 193,2 га (кадастровый номер 10:20:0031402:021) введен в эксплуатацию в 1975 году. Опытное поле представляет собой осушенное за счет открытой системы дренажных каналов болото с залежью низинного торфа высокой степени разложения и глубиной залегания до 3,6 м. В настоящее время каналы глубиной 1,1–0,5 м и шириной 2,5 м обеспечивают отвод избыточного количества воды. Посев фитомелиорантов осуществляли на 4 участках, ширина каждого составила 30 м и длина – 280 м.

Перед закладкой опыта с каждого из 4-х обозначенных участков отобраны почвенные и растительные пробы, которые в лабораторных условиях оценили по основным агрохимическим показателям и ботаническому составу. Кроме того, изучен запас и жизнеспособность семян сорных растений в слое 10–15 см, а также ботанический и биохимический составы растений-торфообразователей. Отбор почвенных образцов, агрохимические анализы осуществляли по общепринятым методикам. Отбор растительных образцов проводили методом пробного снопа, который использовали как для учета урожайности зеленой массы растений, так и для химических анализов. Проведены биометрические измерения и фенологические наблюдения.

Учет урожая проводили методом выборочных делянок в четырехкратной повторности, площадь учетной делянки 20 м².

В течение четырех лет в конце мая тяжелыми боронами дисковали ранее не задействованные четыре мелиоративные карты. Растительность деградированных сенокосов (мелкая древесная поросль, непродуктивное, вредное и ядовитое разнотравье и незначительное количество малоценных злаковых растений) в измельченном виде заделывали в почву. Верхний рыхлый 15-сантиметровый слой торфа смешанный с растительной массой бульдозером собирали в кучи, вывозили за пределы участка, складировали в бурты для компостирования с добавлением известняковой муки. Готовые компосты использовали через 4–6 месяцев. На исходном участке вносили известняковую муку в дозах, зависящих от показателей кислотности, почву дисковали тяжелыми боронами и высевали фитомелиоранты в вариантах вико-овсяной смеси и горчицы белой. Нормы посева традиционные для сидератов. Выбор видов из различных биологических семейств обусловлен необходимостью подобрать эффективный для условий Карелии фитомелиорант при выращивании его в звене разрабатываемой технологии. В предварительных исследованиях с этой целью выращивали также рожь озимую, редьку масличную, горохо-овсяную смесь.

В зависимости от погодных условий сезона в середине – конце августа проводили дискование участков с целью измельчения и заделки всей накопившейся вегетативной массы растений. В июне следующего года производили залужение травосмесью долголетних многолетних трав с преобладанием злакового компонента.

Результаты обработаны математически и статистически [5].

Предварительное обследование опытных мелиорированных участков показало, что почвы сложены древесно-травяным и травяным торфами. В анализируемых пробах остатки различных травянистых растений составили 80–87 %, а также присутствовали фрагменты древесных (13–20 %). Указанные характеристики торфа позволяют использовать его в сельском хозяйстве.

Заготовленная торфо-растительная смесь после 6-месячного компостирования превращается в однородную темную массу сыпучей консистенции со следующими показателями содержания питательных элементов, %: азот аммонийный (N-NH₄) находится на уровне 0,9; азот нитратный (N-NH₃) 0,02; органическое вещество – 74,8; фосфор (P₂O₅) подвижный 0,5; калий (K₂O) обменный – 0,4. Кислотность компоста составила pH 6,9. При внесении полученное органическое удобрение вызывает улучшение физических, агрохимических свойств, позволяет снизить дозы внесения минеральных удобрений, положительно воздействует на плодородие почвы и урожайность выращиваемых культур [6]. В агросистемах очень также важна фитосанитарная функция компостирования – верхний снимаемый слой торфяника имел сильную степень засоренности жизнеспособными семенами (50,1–100 млн, шт./га). В ходе компостирования торфо-растительной смеси они потеряли жизнеспособность на 99,8 %. Одновременно за счет удаления верхнего слоя торфа значительно снизилась засоренность рекультивируемого участка. Особенно важным является такой прием на полях, подверженных бесконтрольному засорению борщевиком Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden).

Исследования показали, что фитомелиоранты улучшают состояние вновь создаваемого пахотного слоя, нивелируя негативные изменения торфяной почвы, снижая степень засорения семенами, накопления вредителей, уплотнения после длительной эксплуатации участков, сопровождавшейся деградацией агрофитоценоза.

Используемые однолетние растения различаются по своему вкладу в плодородие почвы, а выявленный фитомелиоративный эффект коррелирует с продуктивностью вида, соотношением подземной и надземной частей биомассы, строением и характером распределения корневой системы и т. д.

В условиях Карелии за 4 года исследований, независимо от метеоусловий, викоовсяная смесь накапливала большую надземную массу и формировала более мощную корневую систему относительно показателей горчицы белой. Растения однолетней злаково-бобовой травосмеси являются холодостойкими. Учитывая, что на торфяниках позже заканчиваются заморозки весной и раньше начинаются осенью, холодостойкие растения являются перспективными в виде фитомелиоранта на холодных почвах.

Проведенными исследованиями установлено, что сидеральные посевы однолетних трав оказывают позитивное влияние на плодородие осушенных торфяников. Исходно почвы экспериментальных участков обладали низким уровнем содержания фосфора и калия, высокой гидролитической и обменной кислотностью, были бедны азотом. Химический анализ внесенной биомассы показал, что наибольшее количество азота, фосфора и калия аккумулировала надземная часть викоовсяной смеси, обогащая почву N : P : K соответственно 65,1 : 11,9 : 18,4 кг/га. Значительно меньшее количество элементов питания (N : P : K 39,3 : 3,4 : 9,8 кг/га соответственно) поступило с зеленой массой и корневыми остатками горчицы белой. И тот, и другой фитомелиорант снижали почвенную

кислотность. Максимальный нейтрализующий эффект выявлен в варианте с викоовсяной смесью. Следует отметить, что зеленая часть фитомелиорантов сравнительно с корневыми остатками в большей степени обогащает торфяник всеми питательными веществами. Безусловно, на величину обсуждаемых данных оказали влияние как масса накопленной надземной части растений и корней, так и их различия по количеству питательных элементов в единице урожая, что следовательно, привело к разновеликому вкладу в прирост плодородия пахотного горизонта почвы.

Таким образом, разработанная в ходе исследований технология рекультивации деградированных сенокосов и пастбищ на давно осушенных и длительно активно эксплуатируемых торфяниках позволяет получить 1500–2000 т/га недорогого экологически чистого органического удобрения высокого качества при 15 см глубине снимаемого слоя торфа с измельченной естественной растительной массой. Этого количества достаточно для удобрения 40–50 га пашни в севообороте.

В условиях республики посев вико-овсяной смеси и горчицы белой, как фитомелиорантов на давно осушенных низинных торфяниках с деградирующей сенокосной растительностью, приводит к понижению обменной и гидролитической кислотностей, обогащает почву общим азотом, доступными для растений фосфором, калием. Использование в качестве фитомелиоранта вико-овсяной смеси максимально улучшает агрохимические показатели торфа в сравнении с исходными. Полагаем, что указанную травосмесь можно рекомендовать для повышения плодородия агрогенных торфяных почв в Карелии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянова И. М., Преображенский К. И. Окультуривание мелиорируемых земель в Нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1979. 237 с.
2. Котова З. П., Дубина-Чехович Е. В., Котов С. Е. Ботанический состав растений торфообразователей и агрохимические показатели осушенного низинного торфа // Земледелие. 2014. № 6. С. 9–10.
3. Пуртова Л. Н., Костенков Н. М., Киселева И. В., Емельянов А. Н. Влияние фитомелиорации на показатели плодородия агрогенных почв // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. [Электронный ресурс] URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21671> (дата обращения: 25.12.2017).
4. Gyapong B., Ayisi C. L. The Effect of Organic Manures on Soil Fertility and Microbial Biomass Carbon, Nitrogen and Phosphorus under Maize-cowpea Intercropping System // Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences. Vol. 3 (4). April, 2015. P. 65–77.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
6. Кузнецова Л. А., Тимейко Л. В. Влияние нового органического удобрения на начальные этапы развития некоторых видов растений [Текст] // Сборник научных трудов научно-практической конференции Кооперативное движение в системе развития сельских территорий. – Казань Изд-во Печать – сервис XXI век, 2018. – С. 149–152.

УДК 631.4:635.658

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СПОСОБОВ ПОСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЧЕЧЕВИЦЫ

Н. Н. ИВАНОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
Д. И. ИВАНОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н. П. Огарёва»,
г. Саранск, Российская Федерация

Чечевица, как одна из ценных зернобобовых культур, имеет большое народнохозяйственное значение. В семенах этой культуры содержатся все необходимые для человека и животных питательные вещества. По количеству белковых веществ (достигающих до 36 %) она превосходит нут, фасоль, горох, уступая лишь сое. Они принадлежат к биологически наиболее ценным и состоят, главным образом, из альбуминов и глобулинов. Усвояемость белков чечевицы организмом человека достигает 85 %, что лишь немногим ниже усвояемости белков животного происхождения [1, 2].

К сожалению, эта ценная культура в настоящее время перешла в разряд «нетрадиционных», и в России ее площади составляют всего лишь несколько тысяч гектаров. В некоторых регионах страны вовсе отказались от посевов чечевицы. Основной причиной, сдерживающей расширение посевных площадей, является невысокий потенциал зерновой продуктивности чечевицы в сравнении со злаковыми, хотя выход белка с единицы площади у нее выше.

Установившаяся практика оценивать отдельные культуры только по урожайности с гектара без учета качества зерна привела на путь необоснованного сокращения посевов этой высокобелковой

культуры. И это в то время, когда на фоне резкого сокращения объемов применения минеральных удобрений роль зернобобовых культур при биологизации земледелия неизмеримо возрастает [3,4].

В первую очередь необходимо определиться с оптимальной технологией возделывания чечевицы для получения высокого урожая с качеством семян, отвечающим требованиям стандарта, в частности с предпосевной обработкой почвы и нормами высева культуры.

Особое внимание при подготовке почвы под посев чечевицы необходимо обратить на выравнивание ее поверхности.

Как правило, весенняя подготовка почвы заключается в проведении боронования и культивации. Эти приемы направлены на закрытие влаги, выравнивание поверхности поля. Вначале следует заделать разъемные борозды или свальные гребни, образовавшиеся при основной обработке почвы. Эту работу лучше проводить осенью, после зяблевой вспашки.

Чечевица не переносит уплотненной почвы. Поэтому весной на тяжелых малоструктурных почвах вместо культиваторов лучше применять лемешные луцильники со снятыми отвалами и обрабатывать зябь на глубину 10–12 см с одновременным или последующим боронованием. Приемы весенней подготовки почвы надо выбирать с учетом погоды. В затяжную и прохладную весну, когда почва сильно уплотняется и зарастает сорняками, проводят дополнительную предпосевную обработку [5].

По результатам опытных учреждений, госсортучастков и многих передовых хозяйств установлено, что оптимальной нормой высева в зависимости от конкретных условий того или иного хозяйства является норма в 2,1–2,6 млн всхожих семян на 1 га площади посева. В весовом отношении такая норма будет соответствовать 130–180 кг на гектар в зависимости от крупности и массы 1000 семян. Эта норма высевается при сплошном способе посева. Но существуют и другие способы сева чечевицы: узкорядный (ширина междурядий – 6–7,5 см); широкорядный (ширина междурядий 45 см); ленточный и некоторые другие [5].

Установить оптимальную норму высева семян – один из важных вопросов технологии возделывания чечевицы. Теоретически вопрос о выборе норм высева в зависимости от крупности семян пока не разработан, и на практике преобладает эмпирический подход.

В связи с этим проведение исследований по изучению влияния норм высева, способов посева и обработки почвы на урожайность чечевицы позволит получить гарантированный высокий урожай с качеством, соответствующим требованиям стандарта.

Объектом нашего исследования служил сорт крупносеменной (тарелочной) чечевицы Веховская.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Предпосевная обработка почвы (фактор А): 1) Боронование; 2) Боронование + культивация с боронованием; 3) Боронование + культивация с боронованием + предпосевное прикатывание.

2. Способ посева (фактор В): 1) 7,5 см; 2) 15 см; 3) 20 см; 4) 30 см.

3. Норма высева (фактор С): 1) 1,5 млн всхожих семян на 1 га; 2) 2 млн всхожих семян на 1 га; 3) 2,5 млн всхожих семян на 1 га; 4) 3 млн всхожих семян на 1 га.

Посевная площадь делянки составляла 2 м². Повторность трехкратная. Расположение вариантов систематическое. Предшественником чечевицы была викоовсяная смесь.

После уборки предшественника проводили лущение стерни на глубину 6–7 см, через 2–3 недели – вспашку на глубину 22–25 см. Весеннюю обработку начинали с боронования в два следа. Минеральные удобрения вносили под культивацию.

Посев проводили ручной сеялкой в первой декаде мая семенами I класса посевного стандарта на глубину 5–6 см. Во время вегетации растений проводилась двухкратная прополка посевов. Убирали чечевицу в фазе полной спелости семян при созревании 85–90 % бобов поделочно.

Количество растений на 1 м² (таблица 1) перед уборкой находится в прямой зависимости от способа посева (чем больше ширина междурядий, тем количество растений меньше) и от нормы высева (чем больше норма высева, тем меньше количество растений).

Наименьшее количество растений наблюдалось на участке с междурядьем 30 см и нормой высева 2,5–3,0 млн шт/га.

Предпосевная обработка также влияет на количество растений, минимальное их количество наблюдается при проведении только ранневесеннего боронования. Если же проводилась и культивация и предпосевное прикатывание, то этот показатель увеличивался.

Количество бобов на одном растении – очень важный показатель, влияющий на урожайность зернобобовой культуры. Наши исследования показывают, что этот показатель находится в пределах от 12,01 до 14,20 штук на одном растении. На него оказывают влияние все изучаемые факторы, но особое внимание следует обратить на обработку почвы. Наибольшее количество бобов получено с того участка, где проводилась комплексная механическая обработка: боронование, предпосевная культивация и предпосевное прикатывание.

Таблица 1. Структура урожая чечевицы

Предпосевная обработка	Способ посева	Норма высева	Количество растений на 1 м ² перед уборкой, шт.	Среднее количество бобов с одного растения, шт.	Средняя масса семян с одного растения, г	Масса 1000 семян, г
Боронование	7,5 см	1,5 млн шт/га	112,8	12,45	0,204	66,01
		2,0 млн шт/га	137,0	12,83	0,202	66,87
		2,5 млн шт/га	139,9	12,01	0,203	66,51
		3,0 млн шт/га	141,0	12,24	0,195	67,79
	15 см	1,5 млн шт/га	115,5	12,08	0,204	67,23
		2,0 млн шт/га	122,2	12,13	0,205	67,45
		2,5 млн шт/га	126,3	12,25	0,204	67,15
		3,0 млн шт/га	127,1	12,01	0,198	67,32
	20 см	1,5 млн шт/га	77,1	12,04	0,201	67,28
		2,0 млн шт/га	80,9	12,25	0,199	66,87
		2,5 млн шт/га	101,9	12,57	0,196	67,56
		3,0 млн шт/га	110,9	13,02	0,194	67,55
	30 см	1,5 млн шт/га	74,2	12,93	0,202	66,83
		2,0 млн шт/га	82,9	12,55	0,201	67,29
		2,5 млн шт/га	86,4	12,34	0,200	67,02
		3,0 млн шт/га	85,6	12,27	0,199	66,76
Боронование + культивация с боронованием	7,5 см	1,5 млн шт/га	110,2	13,02	0,202	66,98
		2,0 млн шт/га	115,9	12,95	0,202	67,75
		2,5 млн шт/га	118,2	13,96	0,202	66,99
		3,0 млн шт/га	121,0	14,02	0,202	67,54
	15 см	1,5 млн шт/га	131,4	12,08	0,203	67,03
		2,0 млн шт/га	121,1	12,13	0,202	66,99
		2,5 млн шт/га	134,0	12,25	0,202	67,02
		3,0 млн шт/га	134,6	12,01	0,201	67,57
	20 см	1,5 млн шт/га	107,2	12,04	0,202	67,69
		2,0 млн шт/га	110,7	12,25	0,202	67,71
		2,5 млн шт/га	114,4	12,57	0,200	67,78
		3,0 млн шт/га	120,8	13,02	0,200	67,55
	30 см	1,5 млн шт/га	106,8	12,93	0,194	68,76
		2,0 млн шт/га	100,2	12,55	0,201	68,98
		2,5 млн шт/га	109,3	12,34	0,190	69,07
		3,0 млн шт/га	111,5	12,27	0,201	68,12
Боронование + культивация с боронованием + предпосевное прикатывание	7,5 см	1,5 млн шт/га	114,0	13,02	0,203	69,12
		2,0 млн шт/га	121,1	12,95	0,200	69,99
		2,5 млн шт/га	124,8	13,96	0,202	70,05
		3,0 млн шт/га	131,0	14,02	0,201	70,12
	15 см	1,5 млн шт/га	112,4	13,96	0,204	70,32
		2,0 млн шт/га	137,0	14,16	0,203	71,54
		2,5 млн шт/га	143,8	13,85	0,202	71,07
		3,0 млн шт/га	153,5	13,35	0,200	70,56
	20 см	1,5 млн шт/га	105,8	13,34	0,199	69,77
		2,0 млн шт/га	111,1	13,44	0,200	69,82
		2,5 млн шт/га	118,4	13,54	0,202	69,05
		3,0 млн шт/га	120,1	12,99	0,204	68,86
	30 см	1,5 млн шт/га	104,4	13,25	0,202	69,18
		2,0 млн шт/га	108,5	14,01	0,203	69,53
		2,5 млн шт/га	117,1	13,86	0,201	69,65
		3,0 млн шт/га	113,7	13,54	0,204	69,97

Средняя масса семян с одного растения изменяется в пределах от 0,190 до 0,206 г, т. е. этот показатель практически одинаковый на всех участках опыта. Следовательно, изучаемые факторы особого влияния на данный показатель не оказывают.

Элементы технологии не оказывают существенного влияния на массу 1000 семян. Данный показатель является сортовым признаком.

Изучаемые элементы технологии оказали большое влияние на урожайность чечевицы (табл. 2).

Судя по приведенным данным, лучшей для роста, развития чечевицы и получения высоких урожаев, является комплексная предпосевная обработка почвы, то есть ранневесеннее боронование, предпосевная культивация и предпосевное прикатывание. Проведение всех этих операций создает оптимальные условия для растений, обеспечивает выравненность почвы и предотвращает появление сорных растений.

Оптимальным способом посева, по данным таблицы, является обычный рядовой с междурядьем 15–20 см. При этом способе наблюдается максимальная урожайность чечевицы, которая доходит до 3,22 т/га. Наименьшая урожайность была получена при междурядьях 30 см (1,19 т/га).

Таблица 2. Урожайность чечевицы

Способ посева	Норма высева	Предпосевная обработка		
		Боронование	Боронование + культивация	Боронование + культивация с боронованием + предпосевное прикатывание
7,5 см	1,5 млн шт/га	1,94	2,25	2,33
	2,0 млн шт/га	2,13	2,28	2,34
	2,5 млн шт/га	2,16	2,39	2,48
	3,0 млн шт/га	2,57	2,26	2,83
15 см	1,5 млн шт/га	2,20	2,29	2,93
	2,0 млн шт/га	2,32	2,88	3,22
	2,5 млн шт/га	2,34	2,64	2,66
	3,0 млн шт/га	2,44	2,76	2,94
20 см	1,5 млн шт/га	1,53	1,50	1,93
	2,0 млн шт/га	2,13	1,62	2,43
	2,5 млн шт/га	2,33	2,04	2,62
	3,0 млн шт/га	2,41	2,17	2,70
30 см	1,5 млн шт/га	1,19	1,50	1,58
	2,0 млн шт/га	1,43	1,57	1,74
	2,5 млн шт/га	1,76	1,75	2,10
	3,0 млн шт/га	1,66	1,72	2,07
НСР ₀₅ частных различий		0,203		

Норма высева тоже оказывает большое влияние на урожайность чечевицы. Наименьшая урожайность наблюдается на тех участках, где высевали с нормой 1,5 млн шт./га. Оптимальной нормой высева является 2,0–2,5 млн шт./га.

Зависимость урожайности чечевицы от нормы высева и способа посева описывалось уравнением множественной регрессии (1):

$$Y = 2,38256 - 0,02983x_1 + 0,16767 x_2, \quad (1)$$

где x_1 – способ посева, см; x_2 – норма высева, млн шт./га.

Множественный коэффициент корреляции составил 0,6882, коэффициент детерминации – 47,3571 %.

В результате многофакторной регрессии, где мы изучали влияние комплекса факторов (количество растений на 1 м², количество бобов на 1 растении, площадь листовой поверхности), получили следующее уравнение регрессии (2):

$$Y = 2,1014 + 0,0089x_1 + 0,0375x_2 + 0,1101x_3. \quad (2)$$

Уравнение регрессии – значимо ($F_p = 44,82$, $F_T = 2,815$).

Коэффициент множественной детерминации – 0,753449.

Коэффициент множественной корреляции – 0,868014.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что все факторы в равной степени важны при составлении технологии возделывания чечевицы. Оптимальными для чечевицы являются: способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15–20 см при норме высева – 2,0–2,5 млн шт./га; предпосевная обработка, состоящая из боронования, предпосевной культивации и предпосевного прикатывания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрономия с основами ботаники / Под. ред. Н. А. Корлякова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 423 с.
2. Каргин, И. Ф. Влияние элементов технологии на интенсивность симбиотической активности и урожайность чечевицы / И. Ф. Каргин, И. С. Кузнецов, И. С. Абросимов, С. Л. Букин, Н. Н. Иванова // Зерновое хозяйство – 2005. – № 3. – С. 11.
3. Производство продукции растениеводства / А. П. Еряшев, И. Ф. Каргин [и др.]; под общ. ред. И. Ф. Каргина, А. П. Еряшева. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – 392 с.
4. Вавилов, П. П. Бобовые культуры и проблема растительного белка / П. П. Вавилов, Г. С. Посыпанов. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 256 с.
5. Сорокин, С. И. Чечевица. Биологические особенности, селекция, семеноводство, технология возделывания / С. И. Сорокин. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1999. – 280 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ГУМУСА В ПАШНЕ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

В. И. КАРГИН, д-р с.-х. наук, профессор,
А. В. САЛЬНИКОВА, студентка,
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,
г. Саранск, Россия

Деградация почвенного покрова происходит в результате разрушения органической части почвы – гумуса. Особенно интенсивно его минерализация происходит на чистых парах, под пропашными культурами и в результате водной эрозии почв. Перспективы улучшения баланса органического вещества в почвах агроценозов связаны в основном с увеличением поступления растительных остатков, как следствие, повышением урожайности культур. Большие расстояния от животноводческих ферм при резко снизившемся за последние 2–3 десятилетия поголовье скота ограничивают применение навоза [1]. Исследователями выявлена связь количественного и качественного состава органического вещества почвы с видовым составом растений в севооборотах. Мировая цивилизация, приняв на вооружение антропоцентрическую парадигму, в итоге получила широкомасштабную деградацию природных комплексов, создающую угрозу жизни на Земле [2]. Уменьшение запасов гумуса в процессе сельскохозяйственного использования ведет к ухудшению агрохимических, физических, биологических свойств почвы и снижению эффективности использования ресурсов влаги [3]. Выявлено, что для черноземных почв Центрально-Черноземного региона допустимые потери гумуса для зернопропашных составляют 10,9 т/га, зернотравяных – 6,2 т/га, в пару – 19,5 т/га. Потери за определенный промежуток времени не должны превышать допустимые пределы [4]. Исследователи подчеркивают тесную зависимость плодородия почвы от баланса гумуса в ней [5]. В условиях Среднего Поволжья баланс гумуса в зернопропашном севообороте положителен при применении минеральных удобрений и средств защиты растений на фоне внесения 6 т/га в год навоза или применения соломы на фоне умеренных и высоких доз NPK, а также в севообороте с люцерной на фоне фосфорно-калийных удобрений [6, 7].

Исследования, посвященные изучению баланса гумуса на различных типах почв при длительном использовании пашни, в условиях Республики Мордовия не проводились. Это и послужило основанием для выполнения данной работы. Расчет баланса гумуса по культурам и в целом по отдельным РУ осуществляли по углероду и азоту по общепринятым методикам [8, 9].

Баланс гумуса в Республике Мордовия, в том числе в 2011–2012 гг., складывался с дефицитом. Для его восполнения требовалось внести 6,4–6,9 т/га навоза. Фактически же внесено 0,5–0,7 т/га, что составляет 8–10 % от потребности (табл. 1, 2). Особое значение приобретает прогноз его состояния на перспективу при разном использовании пашни.

Таблица 1. Баланс гумуса в земледелии Республики Мордовия (по данным ФГБУ ГЦАС «Мордовский»)

Год	Потери гумуса, т/га	Накопление гумуса, т/га	Баланс гумуса, ±	Потребность в навозе для бездефицитного баланса гумуса, т/га	Внесено, т/га	Обеспеченность, %
1984	1,16	0,46	–0,70	8,7	4,8	55,2
1987	1,04	0,57	–0,47	5,9	5,4	91,5
1988	1,30	0,77	–0,57	7,1	5,4	76,1
1989	1,03	0,57	–0,46	5,7	5,0	87,7
1990	1,02	0,61	–0,41	5,1	4,1	80,4
1991	0,99	0,43	–0,56	7,0	4,2	60,0
1992	1,00	0,53	–0,47	5,9	3,4	57,6
1993	1,00	0,51	–0,49	6,1	2,6	42,6
1994	1,02	0,51	–0,51	6,4	1,5	23,4
1995	1,00	0,39	–0,61	7,6	1,1	14,5
1996	1,00	0,32	–0,68	8,5	0,8	9,4
1997	0,97	0,31	–0,66	8,2	0,6	7,3
1998	1,07	0,30	–0,77	9,6	0,6	6,3
1999	1,05	0,27	–0,78	9,7	0,5	5,2
2000	1,08	0,46	–0,62	7,7	0,5	6,5
2001	0,93	0,42	–0,51	7,9	0,4	5,1
2002	0,91	0,45	–0,46	7,3	0,6	8,2
2003	1,04	0,35	–0,69	9,9	0,6	6,1
2004	0,87	0,45	–0,42	7,0	0,7	10,0
2005	0,94	0,45	–0,49	7,8	0,4	5,1
2006	0,97	0,49	–0,48	7,4	0,3	4,1
2007	0,98	0,49	–0,49	7,3	0,4	5,5
2008	0,98	0,54	–0,44	6,8	0,4	5,9
2009	0,97	0,57	–0,40	6,2	0,4	6,5
2010	0,67	0,39	–0,28	6,3	0,6	9,5
2011	0,99	0,59	–0,40	6,4	0,7	10,9
2012	0,92	0,48	–0,44	6,9	0,5	7,2

Таблица 2. **Баланс гумуса в земледелии по районам Республики Мордовия**
(по данным ФГБУ ГЦАС «Мордовский»), 2012 г.

Район	Потери гумуса, т		Накопление гумуса, т		Баланс, ±	Потребность в орг. удобрениях	
	с 1 га	со всей площади	на 1 га	на всю площадь		т/га	тыс. т
Ардатовский	1,05	55,6	0,48	25,6	-0,57	7,9	442,8
Атюрьевский	1,17	46,0	0,46	18,3	-0,71	11,6	460,3
Атяшевский	1,09	76,0	0,51	35,9	-0,58	7,6	536,1
Большеберезниковский	1,31	47,1	0,26	9,3	-1,05	13,5	485,8
Большеигнатовский	1,00	34,1	0,43	14,7	-0,57	8,2	282,4
Дубенский	1,16	43,2	0,40	14,8	-0,76	10,1	377,6
Ельниковский	0,99	24,5	0,39	9,7	-0,60	9,6	238,5
Зубово-Полянский	1,09	44,4	0,31	12,5	-0,78	11,0	449,6
Инсарский	1,10	41,8	0,51	19,4	-0,59	9,1	344,3
Ичалковский	1,13	57,3	0,41	20,8	-0,72	9,8	494,8
Кадошкинский	1,31	33,5	0,31	7,9	-1,00	12,5	320,4
Ковылкинский	1,40	113,4	0,23	18,3	-1,17	14,6	1184,9
Кочуровский	1,24	40,2	0,38	12,2	-0,86	11,2	361,7
Краснослободский	0,89	49,2	0,49	27,0	-0,40	6,5	359,7
Лямбирский	1,13	58,5	0,55	28,5	-0,58	8,9	459,4
Ромодановский	1,00	50,2	0,55	27,6	-0,45	6,62	333,6
Рузаевский	1,13	62,8	0,43	24,2	-0,70	9,47	526,4
Старошайговский	1,18	81,8	0,37	25,7	-0,81	10,7	748,2
Темниковский	1,03	21,7	0,53	11,2	-0,50	7,0	146,9
Теньгушевский	0,96	14,5	0,37	5,7	-0,59	8,1	122,1
Торбеевский	1,08	46,9	0,41	17,8	-0,67	9,1	394,0
Чамзинский	1,08	50,0	0,51	23,3	-0,58	7,7	354,6
Октябрьский	0,90	15,1	0,54	9,1	-0,36	6,5	110,5

Целью наших исследований явилось проведение мониторинга основных типов почв с использованием эколого-агрохимических методов анализа. Объект мониторинга – основные типы почв Республики Мордовия, которые в максимальной мере отражают уровни антропогенных нагрузок.

I. Чернозем выщелоченный

РУ 5. Октябрьский район, п. Николаевка (1994 г.), площадь 46 га. Содержание физической глины в пахотном слое 58,0 %. Глубина залегания грунтовых вод 1,31 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 10 лет (52,6 %) под зерновыми культурами, 4 – под пропашными (21,1 %), 4 – под многолетними травами (21,1 %), 1 год – под чистым паром (5,3 %).

РУ 8. Октябрьский район, ГУП РМ «Тепличное» (1994 г.), площадь 29 га. Содержание физической глины в пахотном слое 54,1 %. Глубина залегания грунтовых вод 1,61 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 16 лет (84,2 %) под зерновыми культурами, 1 – под пропашными (5,3 %), 2 года – под вико-овсяной смесью (10,5 %).

РУ 21. Чамзинский район, ООО «Сабурмачкаское» (1994 г.), площадь 112 га. Содержание физической глины – 48,7 %. Глубина залегания грунтовых вод 1,63 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 12 лет (63,2 %) под зерновыми культурами, 3 – под пропашными (15,8 %), 1 – под вико-овсяной смесью (5,3 %), 2 – под многолетними травами (10,5 %), 1 год – под чистым паром (5,3 %).

РУ 22. Ромодановский район, ТНВ «КЗС и К» (1994 г.), площадь 57 га. Содержание физической глины 55,9 %. Глубина залегания грунтовых вод 1,6 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 12 лет (63,2 %) под зерновыми культурами, 1 – под пропашными (5,3 %), 3 – под многолетними травами (15,8 %), 3 года – под чистым паром (15,8 %).

II. Чернозем оподзоленный

РУ 7. Октябрьский район, ГУП Республики Мордовия «Луховское» (1998 г.), площадь 26 га. Содержание физической глины 61,8 %, глубина залегания грунтовых вод 1,72 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 4 лет (26,7 %) под зерновыми культурами, 10 – под многолетними травами (66,6 %), 1 год – под чистым паром (6,7 %).

РУ 13. Рузаевский район, КФК «Демкин» (1994 г.), площадь 71 га. Содержание физической глины 46,3 %, глубина залегания грунтовых вод 1,7 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 16 лет (84,2 %) под зерновыми культурами, 3 года – под чистым паром (15,8 %).

III. Темно-серая лесная почва

РУ 17. Zubovo-Polyanskiy rayon, TИB ООО «BekTop и K» (1999 г.), площадь 27 га. Содержание физической глины 12,8 %, глубина залегания грунтовых вод 1,8 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 3 лет (21,4 %) под зерновыми культурами, 11 – под многолетними травами (78,6 %).

РУ 27. Kовылкинский район, ООО «Cамаевское» (1994 г.), площадь 27 га. Содержание физической глины 41,4 %, глубина залегания грунтовых вод 1,45 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 8 лет (42,1 %) под зерновыми культурами, 6 – под пропашными (31,6 %), 1 – под однолетними травами (5,3 %), 4 года – под чистым паром (21,0 %).

IV. Дерново-подзолистая почва

РУ 14. Темниковский район, ООО «Тархановское», отделение «Родина» (1996–2012 гг.), площадь 70 га. Содержание физической глины 24,9 %, глубина залегания грунтовых вод 1,73 м. Хозяйственное использование площадки: в течение 3 лет (17,6 %) под зерновыми культурами, 1 – под пропашными (5,9 %), 1 – под чистым паром (5,9 %), 12 лет – под многолетними травами (70,6 %).

V. Аллювиальная зернистая почва

РУ 3. Большеберезниковский район, ООО «Кировское» (1996–2012 гг.), площадь участка 22 га. Содержание физической глины 55,1 %. Глубина залегания грунтовых вод 1,2 м. Хозяйственное использование площадки: 3 – под чистым паром (17,6 %), 14 – под многолетними травами (82,4 %).

РУ 6. Октябрьский район, пос. Николаевка (1994 г.), площадь 18 га, располагается в пойме реки Инсар. Содержание физической глины 43,8 %. Глубина залегания грунтовых вод 1,2 м. С 1994 по 2012 гг. в течение 11 лет высевали овощные и пропашные культуры (57,9 %), 3 года – зерновые (15,8 %), 3 года поле находилось под чистым паром (15,8 %) и 2 года – под многолетними травами (10,5 %).

РУ 10. Ичалковский район, ЗАО «Культура» (1994 г.), площадь 10 га, располагается в пойме реки Алатырь. Содержание физической глины 36 %. Глубина залегания грунтовых вод 1,2 м. Поле постоянно находилось под многолетними травами (100 %).

Полевые участки имели ровный рельеф, однородны в отношении почвенного покрова и условий увлажнения. Наблюдательные полигоны созданы в наиболее типичных природных и хозяйственных условиях.

Усиление напряженности гумусового баланса обусловлено значительным сокращением в приходной части баланса поступления органического вещества. За 2008–2012 гг. на фермах скопилось 72,3 % всего произведенного навоза. Даже простой расчет свидетельствует, какие огромные потери несет экономика сельского хозяйства. Кроме того, оставшийся на фермах навоз загрязняет грунтовые воды. По данным Государственного центра агрохимической службы «Мордовский» [10], в Октябрьском районе (РУ 7) содержание нитратов в почве в 2012 г. достигало 188 мг/л, а на РУ 13 в 2009–2011 гг. – 58,7–90,8 мг/л, что значительно превышает допустимые нормы.

Слабое использование органических удобрений связано с разорением мелких хозяйства, созданием крупных холдингов и накоплением огромных запасов органических удобрений вокруг них. В связи с этим землеустройство целесообразно увязывать с организацией территорий, размерами животноводческих комплексов, формированием зон отдыха и др., с тем чтобы улучшить качество жизни и предотвратить экологические риски, возникающие в современном сельском хозяйстве.

Хозяйственное использование РУ было различным, применялось разное количество удобрений, что сказалось на балансе гумуса (табл. 3). На черноземе выщелоченном (РУ 5, 8, 21, 22) в структуре посевных площадей зерновые занимали 52,5–84,2 %, чистый пар – 5,3–15,8 %. Среднегодовые потери гумуса за 1994–2012 гг. составили 0,98–1,05 т/га, а накопление – 0,53–0,76 т/га. Большее накопление гумуса отмечено на РУ 5, где многолетние травы занимали наибольшие площади (21,1 %). Но в целом баланс гумуса на всех участках был отрицательным.

Трансформация растительных остатков в почвах происходит постепенно за счет двух противоположно направленных процессов: минерализации и гумификации органического вещества. В зависимости от урожайности, набора культур, доли многолетних трав, чистого пара в севообороте среднегодовое поступление растительных остатков в почву может изменяться в широких пределах, что сказывается на балансе гумуса. Бессистемное использование почв в сельскохозяйственном производстве за последние 19 лет привело к ухудшению их состояния, значительному уменьшению содержания гумуса.

На черноземе оподзоленном баланс гумуса менялся в зависимости от вида возделываемых культур. При возделывании только зерновых культур (РУ 13) и использовании участка под чистый пар ежегодные потери гумуса составили 1,11 т/га, а на РУ 7, где доля многолетних трав составила 66,6 %, – в три раза меньше. Баланс гумуса на этом участке был положительным (0,17 т/га), а на РУ

13 – отрицательным (–0,56 т/га). Длительное возделывание многолетних трав в условиях естественного увлажнения является важным приемом восстановления энергетических запасов почвы.

На темно-серой лесной почве потери гумуса зависели от вида возделываемых культур. При выращивании в основном многолетних трав (РУ 17) они составили 0,21 т/га ежегодно, а при возделывании зерновых и пропашных культур (73,6 %) и чистого пара (21,1 %) потери увеличились в 6,2 раза. Поэтому в первом случае баланс гумуса был положительным (0,30 т/га), а во втором – отрицательным (снижение составило 0,75 т/га).

Таблица 3. Баланс гумуса и потребность в органических удобрениях для его бездефицитного баланса, т

Почва	№ РУ	Годы	Потери гумуса за исследуемый период		Накопление за исследуемый период		Баланс, т/га, ±	Потребность в органических удобрениях	
			с 1 га	Всего	на 1 га	всего		на 1 га	всего
Чернозем выщелоченный	5	1994–2012	$\frac{0-1,70}{1,04\pm 0,1}$	19,70	$\frac{0-1,10}{0,76\pm 0,06}$	14,36	$\frac{-1,70-0,50}{-0,28\pm 0,11}$	$\frac{0-21,25}{4,24\pm 1,12}$	80,53
Чернозем выщелоченный	8	1994–2012	$\frac{1,0-1,50}{1,03\pm 0,03}$	19,5	$\frac{0,53-1,02}{0,70\pm 0,03}$	13,26	$\frac{-0,89-0,02}{-0,33\pm 0,05}$	$\frac{0-11,1}{4,0\pm 0,6}$	78,4
Чернозем выщелоченный	21	1994–2012	$\frac{0-1,70}{1,05\pm 0,1}$	19,90	$\frac{0-1,20}{0,65\pm 0,08}$	12,42	$\frac{-1,70-0,50}{-0,39\pm 0,15}$	$\frac{0-21,25}{5,88\pm 1,57}$	111,66
Чернозем выщелоченный	22	1994–2012	$\frac{0-1,70}{0,98\pm 0,12}$	17,60	$\frac{0-1,33}{0,53\pm 0,09}$	9,51	$\frac{-1,70-0,50}{-0,42\pm 0,17}$	$\frac{0-21,25}{6,64\pm 1,75}$	119,45
Чернозем оподзоленный	7	1998–2012	$\frac{0-1,70}{0,38\pm 0,15}$	5,70	$\frac{0-1,02}{0,55\pm 0,06}$	8,25	$\frac{-1,70-0,50}{0,17\pm 0,16}$	$\frac{0-21,25}{2,06\pm 1,42}$	30,89
Чернозем оподзоленный	13	1994–2012	$\frac{1,0-1,70}{1,11\pm 0,06}$	21,10	$\frac{0-1,14}{0,55\pm 0,07}$	10,42	$\frac{-1,70-0,14}{-0,56\pm 0,12}$	$\frac{0-21,25}{7,12\pm 1,51}$	135,28
Темно-серая лесная	17	1999–2012	$\frac{0-1,0}{0,21\pm 0,02}$	3,0	$\frac{0,45-0,72}{0,51\pm 0,02}$	7,17	$\frac{-0,55-0,50}{0,30\pm 0,11}$	$\frac{0-6,88}{1,19\pm 0,66}$	16,63
Темно-серая лесная	27	1994–2012	$\frac{1,0-1,70}{1,31\pm 0,07}$	24,8	$\frac{0-1,54}{0,55\pm 0,10}$	10,47	$\frac{-1,70-0,04}{-0,75\pm 0,14}$	$\frac{0-21,25}{9,46\pm 1,75}$	179,65
Дерново-подзолистая	14	1996–2012	$\frac{0-1,70}{0,31\pm 0,14}$	5,2	$\frac{0-0,8}{0,51\pm 0,04}$	8,58	$\frac{-1,70-0,50}{0,20\pm 0,15}$	$\frac{0-21,25}{2,29\pm 1,34}$	39,0
Аллювиальная зернистая	3	1996–2012	$\frac{0-1,70}{0,30\pm 0,16}$	5,1	$\frac{0-0,5}{0,41\pm 0,05}$	7,0	$\frac{-1,70-0,57}{0,12\pm 0,21}$	$\frac{0-21,25}{3,75\pm 2,03}$	77,82
Аллювиальная зернистая	6	1994–2012	$\frac{0-1,70}{1,30\pm 0,12}$	24,60	$\frac{0-1,74}{0,98\pm 0,14}$	18,70	$\frac{-1,70-0,50}{-0,31\pm 0,16}$	$\frac{0-21,25}{4,97\pm 1,83}$	94,34
Аллювиальная зернистая	10	1995–2012	0	0	0,5	8,50	0,5	0	0

На аллювиальной почве баланс гумуса существенно менялся в зависимости от хозяйственного использования территории. При преобладании в структуре посевов овощных и пропашных культур (РУ 6) потери достигли 1,30 т/га. При наличии в структуре посевов 17,6 % чистого пара они составили 0,30 т/га. Количество и качество поступающих в почву растительных остатков определяется структурой севооборотов и уровнем продуктивности возделываемых культур. По мнению большинства ученых, максимальное количество растительных остатков с благоприятным соотношением углерода и азота поступает в почву при возделывании многолетних бобовых трав. Положительный баланс гумуса отмечался на аллювиальных почвах Ичалковского района (РУ 10), где потерь гумуса не наблюдалось, а его ежегодное накопление составило 0,5 т/га. Это связано с тем, что данный участок в течение всего периода исследований использовался под многолетние травы, корневая масса которых является основным источником пополнения органического вещества почвы.

Промежуточное положение у РУ 3, где чистый пар занимал 17,6 % площади. Потери составили 0,30 т/га, и они полностью компенсировались накоплением гумуса при возделывании многолетних трав. На этом участке также складывался его положительный баланс.

Следовательно, длительное использование пашни с посевом зерновых, пропашных культур без применения органических удобрений приводит к постепенно возрастающим потерям гумуса и возникновению его отрицательного баланса. Наблюдения, проведенные в течение 19 лет (1994–2012 гг.), свидетельствуют, что накопление гумуса происходит с большей скоростью в черноземах (9,51–14,36 т/га), меньшей – на черноземах оподзоленных и темно-серых лесных почвах (7,17–10,47 т/га), что определяется величиной урожая и количеством поступающих в почву растительных остатков.

Длительное возделывание многолетних трав обеспечивает увеличение запасов органического вещества почвы. В результате 19-летних исследований выявлено, что под влиянием многолетних трав наблюдается положительный баланс гумуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Geraskin, M. M. Anthropogenic complex development in modern cropping systems in central Volga region based on agrolandscape land management / M. M. Geraskin, V. I. Kargin, I. F. Kargin // *Life Science Journal*. – 2014. – Vol. 11 (9). – P. 374–376.
2. Каштанов А. Н. Почва как генетическая и историческая память : докл. на II Нац. конф. / А. Н. Каштанов // *Проблемы истории, методологии и философии почвоведения в 2007 г.* – М. : Зарницы, 2007. – С. 6–12.
3. Каргин, В. И. Режим влажности выщелоченных черноземов центральной России / В. И. Каргин, А. А. Моисеев // *Докл. Рос. акад. с.-х. наук*. – 2006. – № 4. – С. 36–39.
4. Sukhanovskii, Yu. P. Probabilistic Approach to the Calculation of Soil erosion loss / Yu. P. Sukhanovskii // *Eurasian Soil Science*. – 2013. – Vol. 46, № 4. – P. 431–437.
5. Дымов, А. А. Изменение органического вещества таежных почв в процессе естественного лесовозобновления растительности после рубок (средняя тайга Республики Коми) / А. А. Дымов, Е. Ю. Милановский // *Почвоведение*. – 2014. – № 1. – С. 39–47.
6. Моисеев, А. А. Симбиотический азот и продуктивность земледелия в условиях южной лесостепи / А. А. Моисеев, Ш. И. Ахметов. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 212 с.
7. Смолин, Н. В. Влияние средств химизации и соломы на баланс гумуса в зерновом севообороте на черноземе выщелоченном / Н. В. Смолин // *Агрохимия*. – 1998. – № 1. – С. 13–20.
8. Ганжара, Н. Ф. Баланс гумуса и пути его регулирования / Н. Ф. Ганжара // *Земледелие*. – 2010. – № 10. – С. 7–10.
9. Лыков, А. М. К методике расчетного определения гумусового баланса почвы в интенсивном земледелии / А. М. Лыков // *Изв. ТСХА*. – 1978. – Вып. 6. – С. 14–20.
10. Каргин, И. Ф. Химический состав атмосферных осадков и содержание в них тяжелых металлов / И. Ф. Каргин, И. И. Игонов // *Рос. науч. мир*. – 2013. – № 1. – С. 49–55.

УДК 633

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ КАК ФАКТОР ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УИС, ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

А. Ю. КИРЬЯНОВ, канд. тех. наук,
Р. В. ФОКИН, канд. тех. наук, доцент
Академия ФСИН России,
г. Рязань, Российская Федерация

Во исполнение реализации второго этапа Концепции развития уголовно-исполнительной системы Российской Федерации до 2020 года одним из приоритетных направлений является бесперебойное обеспечение учреждений УИС продовольствием, развитие собственного производства сельскохозяйственной продукции [1]. Продовольственная безопасность уголовно-исполнительной системы зависит от целого ряда критериев, одними из которых являются наличие собственного сельскохозяйственного производства в отдельно взятом учреждении, регионе и системе в целом, способное удовлетворить необходимые потребности; организация необходимого уровня производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с учетом почвенно-климатических условий региона; увеличение доли использования площадей на территории исправительных учреждений занятых под подсобным хозяйством [2].

Пути решения проблемы продовольственной безопасности уголовно-исполнительной системы в свете обозначенных выше факторов можно считать увеличение удельной доли используемых сельскохозяйственных угодий в общем объеме земель имеющих в пользовании учреждений УИС; применение обоснованного ориентирования регионов на производство в аграрном секторе, в зависимости от почвенно-климатических особенностей региона; внедрение научных методов повышения плодородия используемых посевных площадей, приобретение современных образцов сельскохозяйственной техники, закупка элитных сортов зерна [3].

В настоящей статье рассматривается одно из обозначенных приоритетных направлений, а именно решение задачи повышения эффективности растениеводства на основе проведения научно-обоснованных мероприятий по увеличению плодородия почв сельскохозяйственных земель, подчиненных учреждениям уголовно-исполнительной системы.

В рамках внедрения научных методов повышения плодородия используемых посевных площадей, Академией ФСИН России была предпринята попытка по изучению почвенного состава посевных площадей земель сельскохозяйственного назначения, принадлежащих исправительным учреждениям УФСИН России по Рязанской области, с целью изучения агрохимического анализа почв и выработки рекомендаций по организации севооборота и внесению в почву недостающих микроэлементов. Таким образом, конечной целью проводимой работы являлась выработка рекомендаций направленная на увеличение объемов получаемой продукции.

Указанные исследования проводились на сельскохозяйственных площадях более 300 га. Изучению почвенного состава подлежало 9 полей, площадь и назначение которых указано в табл. 1.

Таблица 1.

Номер поля	Назначение поля (культура)	Площадь, Га
1	Ячмень	20
2	Ячмень	56
3	Ячмень	80
4	Картофель	13
5	Картофель	37
6	Картофель	30
7	Чистый пар	45
8	Морковь	1
9	Свекла	1

Для определения химических свойств почвенного слоя исследуемых земель сельскохозяйственного назначения были рассмотрены следующие показатели: кислотность, содержание органического вещества, наличие подвижных форм фосфора, а также концентрация нитратных форм азота.

В результате проведения агрохимического обследования почв были получены следующие значения показателей (табл. 2–4).

Таблица 2. Результаты анализа почвы полей под ячменем

Номера участков															
№	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
рНвод	6,2	6,0	6,2	6,2	6,4	6,2	6,2	6,2	6,5	6,1	6,1	6,2	6,4	6,3	6,2
Гумус, %	4,9	4,8	5,1	5,3	5,9	5,8	5,6	5,0	5,2	5,6	5,2	5,8	5,3	5,2	5,8
P ₂ O ₅ , мг/кг	51,5	25,4	42,3	48,8	63,1	53,8	62,3	44,7	70,0	49,2	109,2	63,1	73,1	65,4	58,6
NO ₃ ⁻ , мг/кг	6,9	6,7	2,7	3,4	5,9	2,5	2,8	7,0	3,4	7,5	0,9	5,5	5,8	1,4	3,2

Таблица 3. Результаты анализа почвы полей под картофелем

№	4.1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	6.1	6.2	6.3	6.4
рНвод	5,8	5,9	5,7	5,7	5,9	5,7	6,3	5,6	5,7	5,9
Гумус, %	4,0	6,2	7,3	5,7	7,0	6,3	4,8	5,2	6,3	6,2
P ₂ O ₅ , мг/кг	89,2	135,4	163,8	111,5	86,2	139,2	93,1	129,2	139,2	135,4
NO ₃ ⁻ , мг/кг	13,8	20,0	23,3	22,5	17,5	19,8	15,3	25,3	19,8	20,0

Таблица 4. Результаты анализа почвы полей под чистым паром

№	7.1	7.2	7.3	7.4
рНвод	5,6	5,5	5,7	5,9
Гумус, %	4,9	5,2	5,1	5,5
P ₂ O ₅ , мг/кг	100,0	130,8	100,0	126,3
NO ₃ ⁻ , мг/кг	15,2	20,2	11,6	10,4

В соответствии с приведенными в таблицах значениями, можно сделать следующие выводы:

– участки полей с номерами 1.1; 1.2; 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5; 3.1; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5; 3.6; 3.7; 3.8, занятые ячменем, по кислотности – нейтральные (рН от 6,0 до 7,0). Для выращивания зерновых культур почвы с указанным уровнем кислотности являются оптимальными;

– участки полей с номерами 4.1; 5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5; 6.1; 6.2; 6.3; 6.4, занятые картофелем по кислотности являются близкими к нейтральным и слабокислым, уровень рН от 5,4 до 6,3, что для данной культуры является благоприятным;

– участки полей с номерами 7.1; 7.2; 7.3; 7.4, находящиеся под чистым паром, а также засеянные морковью и свеклой, по кислотности относятся к почвам, близким к нейтральным, с уровнем рН от 5,5 до 5,9;

– по уровню содержания органического вещества на всех участках полей отмечается их высокое значение – от 4,0 до 7,3 %;

– содержание подвижных форм фосфора на участках полей колеблется от низкого P_2O_5 – 13,1–48,8 мг/кг (участки 1.2; 2.1; 2.2; 3.1; 3.3), среднего P_2O_5 – 51,5–100,0 мг/кг (участки 1.1; 2.4; 2.5; 3.2; 3.5; 3.6; 3.7; 3.8; 4.1; 5.4; 6.1; 7.1; 7.3), до выше среднего P_2O_5 – 109,2–183,1 мг/кг (участки 3.4; 5.1; 5.2; 5.3; 5.5; 6.2; 6.3; 6.4; 7.2; 7.4). На участках полей с содержанием подвижных форм фосфора менее 100 мг/кг рекомендуется внесение полных доз фосфорных удобрений;

– содержание нитратной формы азота в почве на всех участках полей – низкое или очень низкое 0,9–25,3 мг/кг (предельно допустимая концентрация – 130 мг/кг).

Таким образом, на основании полученных данных агрохимического обследования почв, выработаны следующие рекомендации:

1. На участках полей 4,1–7,4 со слабокислым составом почв необходимо проведение химической мелиорации: внесение гипса или материалов, содержащих гипс, а также сульфата железа, пиритных огарков. Для указанных участков полей на каждый квадратный метр необходимо добавлять не менее 0,5 кг известняка (сочетание кальция и магния) с расчетом на 100 частей кальция – 40 частей магния.

2. Так как содержание органического вещества на всех участках полей высокое, то внесение дополнительных удобрений не требуется.

3. На участках полей 1.1 – 3.4; 4.1 требуется внесение полных доз фосфорных удобрений.

4. В качестве использования мелиоративного севооборота рекомендована следующая схема чередования культур: бобово-злаковая смесь – бобово-злаковая смесь с последующей запашкой – повторный посев бобово-злаковой смеси – повторная запашка – картофель-рожь.

Таким образом, на основе проведенного агрохимического обследования почв были выработаны рекомендации по использованию земель сельскохозяйственного назначения исправительных учреждений УФСИН России по Рязанской области, рациональной организации мелиоративного севооборота, внесению удобрений для повышения удельного уровня урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур, т. е. на основе использования научного подхода, при соблюдении рекомендованных технологий можно повысить урожайность возделываемых культур за счет повышения плодородия почвы, а следовательно повысить уровень продовольственной безопасности уголовно-исполнительной системы в соответствии с утвержденным планом развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития уголовно-исполнительной системы Российской Федерации до 2020 года / Собрание законодательства РФ. – № 43. – С. 5544.
2. Новожилова, Ж. С. Состояние и тенденции развития сельхозорганизаций Федеральной службы исполнения наказаний (ФСИН) [Текст] / Ж. С. Новожилова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2015. – № 4 (25). – С. 119–121.
3. Кирьянов, А. Ю. Факторы, влияющие на продовольственную безопасность УИС, проблемные вопросы и пути их решения [Текст] / Кирьянов А. Ю. // Сборник материалов Всероссийского научно-практического круглого стола. Академия ФСИН России. – 2017. – С. 105–111.

УДК 631.854.2.001.891:631.466.1:631.445.24

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА НА СОСТОЯНИЕ ГРИБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

И. Я. КОЛЕСНИКОВА, канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»
г. Ярославль, Россия

В настоящее время птичий помет, являющийся отходом крупных птицефабрик промышленного типа, утилизируется преимущественно в чистом виде без дополнительной переработки [1]. Неудовлетворительное хранение и нерациональное использование помета не только наносит существенный вред окружающей среде, но и приводит к потере огромного количества необходимого для сельскохозяйственных угодий ценного органического удобрения [2]. Высокие дозы помета существенно влияют как на свойства почв, так и на микробиологическую активность [3]. Было отмечено уменьшение содержания патогенной микрофлоры в почве при внесении в нее удобрений на основе птичьего помета с увеличением продолжительности взаимодействия почв и удобрений. Однако эта тенденция зависит от свойств почв, климатических условий, обработки, применяемых систем удобрений, выращиваемых культур. В значительной степени уменьшение содержания патогенных микроорганизмов в почвах при внесении в них птичьего помета зависит от антипатогенной функции почв, выражаемой в единицах известных антибиотиков [4].

В дерново-подзолистых почвах важную экологическую роль играют микроскопические грибы, используемые сегодня в качестве параметра биомониторинга сельскохозяйственных земель [5], в связи с чем целью исследований было изучение влияния птичьего помета на почвенную микобиоту агроценозов в условиях Ярославской области Нечерноземной зоны РФ.

Исследования проводились в 3-факторном полевом опыте, заложенном на опытном поле Ярославской ГСХА в 2017 году на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Схема трехфакторного (2×6×2) опыта заложенного методом расщепленных делянок с рендомизированным расположением вариантов в повторениях включает 3 повторения и 24 варианта. На делянках первого порядка площадью 288 м² (6м x 48м) изучаются системы обработки почвы, на делянках второго порядка площадью 48 м² (6м x 8м) – системы удобрений, на делянках третьего порядка площадью 24 м² (3м x 8м) – предпосевная обработка семян. Выращивалась вико-овсяная смесь: овёс яровой сорта Кречет, вика посевная сорта Ярославская 13.

В статье приводятся результаты исследований, выполненных на вариантах с отвальной системой обработки с внесением обеззараженного куриного помета 4,2 т/га отдельно и в виде органо-минерального субстрата (4,2 т/га помета + 2,1 т/га отработанной минеральной ваты) и без предпосевной обработки семян ризоторфином.

Почвенные образцы отбирались дважды в разные фазы развития культуры с глубины 0–10 см и 10–20 см из-за разнородности почвенных слоев по наличию питательных веществ и поступлению кислорода. Выявление почвенных грибов производили методом глубинного посева почвенной суспензии на агаризованную питательную среду Чапека. Для выявления комплекса типичных видов использовался критерий пространственной встречаемости. Данные обрабатывались методом дисперсионного анализа для трехфакторного опыта по Б. А. Доспехову.

Определение таксономического состава и численности микроскопических грибов проводилось во второй декаде мая и в первой декаде августа.

В исходной почве было обнаружено 7 родов почвенных микромицетов, относящихся к отделу Аскомикота. Единично встречен стерильный мицелий. Отмечено массовое развитие в верхнем слое быстрорастущих грибов р. *Mucor* – явных доминантов сообщества, составивших конкуренцию всем остальным микромицетам. На некоторых делянках часто встречались грибы р. *Aspergillus*. Виды рр. *Penicillium*, *Alternaria* отнесены к редко встречающимся, а рр. *Fusarium* и *Phoma* – к единичным.

При отборе почвенных проб в момент уборки урожая вико-овсяной смеси таксономический состав грибов стал разнообразнее за счет единично обнаруженных на контрольном варианте микромицетов р. *Trichoderma*, а на вариантах с внесением помета р. *Phialophora* и дрожжей р. *Rhodotorula*. Дрожжи р. *Cryptococcus* появились в почве всех исследуемых делянок (табл. 1).

В целом, разнообразие грибов на вариантах с куриным пометом оказалось выше по сравнению с контролем. Кроме того, внесение куриного помета как отдельно, так и в виде органо-минерального субстрата привело к изменению структуры комплексов микроскопических грибов. Из группы доминантных исчезли мукоровые грибы, их место заняли аспергиллы. Увеличилась частота встречаемости грибов рр. *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, среди которых могут встречаться фитопатогенные виды.

Таблица 1. Таксономический состав почвенных грибов на вариантах опыта

Микромицеты	Частота встречаемости, %					
	Без удобрений		Куриный помет		Органо-минеральный субстрат	
	0–10	10–20	0–10	10–20	0–10	10–20
<i>Mucor hiemalis</i>	66,6	33,3	33,3	33,3	33,3	50
<i>Mucor</i> sp.	83,3	100	16,6	16,6	0	16,6
<i>Penicillium</i> sp.	16,6	0	16,6	16,6	0	33,3
<i>Aspergillus</i> sp.	100	100	83,3	50	100	100
<i>Alternaria</i> sp.	0	16,6	33,3	33,3	33,3	33,3
<i>Cladosporium</i> sp.1	16,6	16,6	50	83,3	33,3	16,6
<i>Cladosporium</i> sp.2	0	16,6	0	0	0	0
<i>Fusarium</i> sp.	0	0	0	33,3	33,3	0
<i>Phialophora</i> sp.	0	0	0	0	33,3	16,6
<i>Trichoderma</i> sp.	16,6	0	0	0	0	0
Дрожжи <i>Cryptococcus</i>	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Дрожжи <i>Rhodotorula</i>	0	0	0	16,6	16,6	0
Всего видов	7	7	7	9	8	8
<i>Mycelia Sterilia</i>	16,6	0	0	0	0	0

Однако, полученные высокие значения коэффициент Сьеренсена-Чекановского (67 % – 89 %) говорят о небольших различиях в комплексах микромицетов на вариантах опыта.

Достаточно быстро на изменение условий существования грибов реагирует их численность, которая является важным показателем состояния микобиоты. В исходной почве на всех вариантах

численность грибов в слое почвы 10–20 см была выше по сравнению со слоем 0–10 см. Это не характерно для естественных дерново-подзолистых почв и может быть связано с перестройкой комплексов, вызванной вспашкой, проведенной в предыдущем году. В результате оборота пласта верхний слой почвы, более богатый грибами, оказался внизу.

В пробах, отобранных в августе, сходная картина превышения численности грибов в нижнем слое по сравнению с верхним отмечена только на фоне куриного помета. На контроле и варианте с внесением органо-минерального субстрата в верхнем слое микромицетов было больше, чем в нижнем (табл. 2).

Таблица 2. Численность почвенных микромицетов на вариантах опыта, по слоям

Вариант опыта	Численность почвенных микромицетов, тыс. КОЕ в 1 г воздушно-сухой почвы		
	0–10 см	10–20 см	0–20 см
Без удобрений	16,6	14,0	15,3
Органо-минеральный субстрат	28,6	22,2	25,4
Куриный помет	15,5	22,7	19,1
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

В целом по пахотному горизонту внесение куриного помета в качестве дополнительного источника питательных элементов как отдельно, так и в составе органо-минерального субстрата способствовало увеличению численности микроскопических грибов.

Таким образом, в ходе исследований показано, что в исходной почве доминировали быстро растущие грибы р. Мисог, что характерно для слабокультурных почв. В момент уборки урожая вико-овсяной смеси в удобренной почве в группу доминантных помимо муковых вошли виды р. Aspergillus, что связано как с влиянием выращиваемой культуры, так и с сезонной динамикой развития грибов, в частности теплолюбивых видов аспергиллов. При внесении куриного помета как отдельно, так и в составе органо-минерального субстрата произошла перестройка комплексов. К отрицательным последствиям можно отнести увеличение частоты встречаемости грибов рр. Cladosporium, Alternaria, Fusarium, среди которых много фитопатогенных видов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титова, В. И. Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / В. И. Титова, М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2009. – 178 с.
2. Фисинин, В. И. Российское птицеводство на фоне мировых тенденций / В. И. Фисинин // Животноводство России. – 2002. – № 4. – С. 3–5.
3. Седых, В. А. Оценка влияния птичьего помета на состояние почв, воздушной и водной среды / В. А. Седых, В. И. Савич, Н. Л. Поветкина // Агрохимический вестник. – 2013. – №1. – С. 33–36.
4. Мишустин, Е. Н. Санитарная микробиология / Е. Н. Мишустин, М. И. Перцовская, В. А. Горбов. – М.: Наука, 1979. – 304 с.
5. Колесникова, И. Я. Использование комплексов почвенных микромицетов в качестве параметра биомониторинга сельскохозяйственных земель / И. Я. Колесникова // Достижения науки агропромышленному комплексу: сборник науч. трудов межд. межвуз. науч.-практ. конф. – Самара: РИЦ СГСХА, 2014. – С. 106 – 110.

УДК 631.427

ДЕЙСТВИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ПОЧВЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

С. И. КОРЖОВ, д-р с.х. наук, профессор,
Т. А. ТРОФИМОВА д-р с.х. наук, профессор
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ,
г. Воронеж, Россия

Биологические процессы, протекающие в почве, самым тесным образом связаны с деятельностью почвенных микроорганизмов. Данные организмы очень чувствительны к различного рода изменениям, поэтому их можно использовать для контроля происходящих в почве процессов [1, 2, 4].

Исследования проводили в микроделяночном опыте по разложению соломы озимой пшеницы и ячменя, растительных остатков кукурузы и люцерны. Показано, что в составе микробного сообщества чернозема выщелоченного доминируют три физиологические группы микроорганизмов: олигонитрофильные, усваивающие минеральные формы азота и аммонифицирующие, доля которых в общей численности микроорганизмов в зависимости от экологических условий составляет соответственно 10–16, 60–70 и 13–33 %.

Длительное парование чернозема выщелоченного (с 1972 г.) привело к существенному изменению структуры микробного ценоза. Как показали наши исследования, в среднем за 4 года доля

азотфиксирующих микроорганизмов уменьшилась по сравнению с этим показателем в севообороте почти вдвое, что свидетельствует о малом содержании в длительно парующей почве негумифицированных растительных остатков. Доля же микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, увеличилась в связи со значительной минерализацией органического вещества почвы (как негумифицированного, так и гумуса) и с соответствующим накоплением в почве минеральных форм азота. Внесение в длительно паровавшую почву послеуборочных остатков резко изменяло структуру микробного сообщества почвы. Так, через один год после внесения остатков в почву наиболее высокая доля общей численности микроорганизмов приходилась на микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота, – 44,7–61,3 %.

Наибольшей она была на вариантах с остатками люцерны и ячменя (51,3–61,3 %), а меньшей и примерно одинаковой – на вариантах с остатками кукурузы и озимой пшеницы – соответственно 44,7–49,5 %. Второе место по этому показателю занимали олигонитрофильные микроорганизмы, на долю которых приходилось 34,4–53,5 % общей численности микроорганизмов. Наибольшая доля их была отмечена на вариантах с остатками кукурузы, а меньшая – на вариантах с остатками ячменя.

На долю же аммонификаторов в этот срок приходилось всего лишь 0,8–7,5 % общей численности микроорганизмов. Столь низкую долю аммонификаторов через один год после внесения в почву послеуборочных остатков мы объясняем ростом общей численности микроорганизмов, который происходил в основном за счет увеличения числа азотфиксирующих микроорганизмов и микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота. На резкое снижение доли аммонифицирующих бактерий при поступлении в почву свежего органического вещества (навоза) указывают в работах [2, 3, 5, 6]. Они объясняют это увеличением численности фосфобактерий, использующих органические соединения фосфора.

Доля целлюлозолитических микроорганизмов в этот срок была самой низкой – менее одного процента.

С течением времени по мере разложения остатков доля аммонифицирующих микроорганизмов в общей их численности повышалась. Так, через два года она возросла до 2,4–16,5 %, через три – до 37,3–65,4 %, а через 4 года – до 68,6–71,2 %.

Микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота, напротив, по мере разложения остатков уменьшали свою численность. Так если через год после внесения остатков в почву их доля составляла 44,7–61,3 %, то спустя четыре года доля микроорганизмов этой физиологической группы снизилась до 4,3–13,2 %. В среднем за весь период наблюдений наибольшей она была на вариантах с остатками люцерны, содержащих больше азота, нежели другие остатки, а наименьшей – на варианте с остатками озимой пшеницы.

Несмотря на волнообразный характер динамики численности олигонитрофильных микроорганизмов, их доля в общей численности микроорганизмов через 4 года была в 2–3 раза меньше, чем при первом сроке учета.

Изменение доли целлюлозолитических микроорганизмов повторяло динамику доли микроорганизмов, развивающихся на среде, бедной минеральным азотом, но с противоположным вектором: большей доле олигонитрофильных микроорганизмов соответствовала меньшая доля целлюлозолитических микроорганизмов и наоборот. Тем не менее, с течением времени по мере разложения послеуборочных остатков доля целлюлозолитических микроорганизмов увеличивалась. Так если через один год после внесения остатков в почву их доля в зависимости от варианта опыта составляла 0,1–1,0 %, то через 4 года она достигла 1,0–3,1 %.

Добавление к послеуборочным остаткам карбоната кальция стимулировало деятельность микробного сообщества, что отразилось соответствующим образом и на его составе. Так, если на бескарбонатном фоне через один год после внесения в почву послеуборочных остатков доля микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, составляла 44,7–61,3 %, а аммонифицирующих 0,8–7,5 %, то при добавлении карбоната кальция доля первых возросла до 48,5–66,1 %, а вторых до 1,3–7,9 %, что мы объясняем с усилением минерализации остатков. Напротив, доля микроорганизмов, адаптированных к среде, бедной азотом, при внесении карбоната кальция уменьшилась и составила 28,3–49,2 %, при 34–53,5 % – на бескарбонатном фоне, что обусловлено накоплением минеральных соединений азота, тормозящих размножение микроорганизмов этой группы.

Доля целлюлозолитических микроорганизмов при добавлении к послеуборочным остаткам карбоната кальция в этот срок была практически такой же, как и на бескарбонатном фоне.

Со временем по мере разложения послеуборочных остатков динамика долевого участия изучаемых групп микроорганизмов по своей направленности совпадала с таковой на бескарбонатном фоне с той лишь особенностью, что абсолютные значения показателей были более значимыми.

Так, доля микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, в среднем за весь период разложения остатков, оказалась выше, чем на бескарбонатном фоне: на варианте с остатками ячменя

– на 3 %, озимой пшеницы на 7 %, люцерны – на 11 %, и кукурузы – на 18 %, что мы связываем с усилением минерализации растительных остатков при добавлении к ним карбоната кальция.

Доля азотфиксирующих микроорганизмов также, как и на бескарбонатном фоне, со временем уменьшилась. Однако темпы снижения в данном случае оказались больше, в связи, с чем абсолютные значения показателя долевого участия микроорганизмов данной группы в общей их численности были существенно меньше, чем на бескарбонатном фоне. Так, на варианте с остатками озимой пшеницы значение этого показателя были меньше на 32 %, люцерны – на 28, ячменя – на 22 и кукурузы – на 25 %. Это мы объясняем более быстрым разложением остатков.

О более высокой скорости минерализации при внесении в почву карбоната кальция, особенно в первые два года их разложения, свидетельствует и более высокая доля аммонифицирующих микроорганизмов. Так, в среднем за 4 года доля аммонификаторов на карбонатном фоне оказалась выше, чем на аналогичных вариантах бескарбонатного фона: на варианте с остатками озимой пшеницы – на 21 %, люцерны – на 13, ячменя – на 30 и кукурузы – на 8 %.

При добавлении к послеуборочным остаткам карбоната кальция доля целлюлозолитических микроорганизмов уменьшилась по мере разложения послеуборочных остатков. Однако при внесении в почву карбоната кальция уменьшение значения этого показателя было более существенным, в связи с чем доля микроорганизмов данной физиологической группы в среднем за 4 года (время полного разложения остатков) оказалась меньше, чем на бескарбонатном фоне: на варианте с остатками озимой пшеницы – на 33 %, люцерны – на 28, ячменя – на 25 и кукурузы – на 6 %.

Доля почвенных грибов в общей численности микроорганизмов колебалась в зависимости от вариантов опыта от 0,01 до 0,04 %. Учитывая большую, по сравнению с другими группами микроорганизмов, устойчивость грибной микрофлоры во времени, колебания доли микромицетов в общей численности микроорганизмов связаны в основном с изменением общей численности микроорганизмов. Так, наибольшая доля участия почвенных грибов в микрофлоре почвы была зафиксирована спустя три года после внесения в нее послеуборочных остатков, когда общая численность микроорганизмов была наименьшей за весь период наблюдений. И вместе с тем, несмотря на высокую толерантность почвенных микроорганизмов к факторам среды, их доля в общей численности микроорганизмов при внесении в почву карбоната кальция имела тенденцию к снижению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронков В. А., Коржов С. И. Основная обработка почвы и урожай кукурузы на силос//кукуруза и сорго.2002. – №2. – С. 2–4.
2. Ганькин А. В., Денисов Е. П., Солодовников А. П., Шестеркин Г. И. Влияние многолетних трав на агрохимические свойства почвы и урожайность последующих культур // Вестник Саратовского ГАУ.2005. – №2. – С. 5–6.
3. Коржов С. И., Трофимова Т. А. Экологическая роль многолетних трав в накоплении гумуса и биологического азота / Агроэкологический вестник. 2000. – С. 116–121.
4. Королев Н. Н., Морозова Е. В., Коржов С. И. Применение сидератов в севооборотах ЦЧЗ / Аграрная наука – сельскому хозяйству. 2008. – С. 93–96.
5. Пимонов К. И., Ионов Д. Ф. Динамика производства высокобелкового зерна в донском регионе / Вестник Донского ГАУ. - 2015. - №3 - 1 (17). – С. 40–46.
6. Трофимова Т. А., Коржов С. И. Соя перспективна в Центральном Черноземье // Зерновое хозяйство. 2002. – №2. – С. 20–21.

УДК 631.4

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ¹³⁷Cs И ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПАХОТНОМ ГОРИЗОНТЕ ПОЧВ ОПОЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ ¹

Д. Г. КРОТОВ, канд. с-х.н., доцент,
ФГОУ ВО ГАУ,
с. Кокино, Россия,

В. П. САМСОНОВА, д-р. биол.наук, доцент,
М. И. КОНДРАШКИНА, канд. биол. наук, доцент,
С. Е. ДЯДЬКИНА, канд. биол.наук, науч. сотр.,

Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова,
г. Москва, Россия

Чернобыльская катастрофа 1986 г. обусловила выпадение техногенных радионуклидов на обширных территориях Украины, Белоруссии и России. В настоящее время мониторинг радиоактивного загрязнения является приоритетной задачей.

Исследования проводились на пахотных почвах в Брянском, Выгоничском и Трубчевском районах Брянской области. Почвы – дерново-подзолистые и серые лесные.

Распределение ^{137}Cs и природных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) было определено в смешанных пробах, составленных из 20–25 индивидуальных проб, отобранных с площади 10га, отобранных агрохимическим буром на глубину 0–25 см. Масса объединенной пробы была не менее 300 г. При отборе объединенных почвенных проб использовался метод маршрутных ходов. Маршрутный ход прокладывался посередине каждого элементарного участка вдоль удлиненной стороны. Общее количество проб – 75.

Активность ^{137}Cs превышает исходно присущие этим территориям значения, однако соответствует допустимым безопасным значениям [1]. Однако можно видеть, что на обследованной территории встречаются как низкие значения, практически соответствующие дочернобыльской эпохе, так и сравнительно высокие (рис.1, табл.1).

Таблица 1. Статистические характеристики активности техногенных и естественных радионуклидов в пахотном горизонте (Бк/кг)

	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Коэффициент вариации, %	Соответствие нормальному распределению при $\alpha=0,05$
^{137}Cs	16,4	16,9	2,9	23,2	23,8	+
^{226}Ra	22,0	21,4	11,2	36,6	23,3	+
^{232}Th	24,8	25,6	10,6	31,9	19,0	-
^{40}K	395,8	397,0	171,8	556,0	18,8	-



Рис.1. Пространственное распределение активностей ^{137}Cs

Средние значения активности естественных радионуклидов находятся в пределах диапазона значений, характерного для данной территории в целом. Степень относительной изменчивости их активности не превышает 25 %, так что можно ожидать, что их статистические распределения будут подчиняться нормальному (Гауссову) закону распределения. Однако проверка этой гипотезы при помощи критерия Уилка-Шапиро показывает, что лишь ^{137}Cs и ^{226}Ra могут считаться нормально распределенными, а ^{232}Th и ^{40}K обнаруживают сходное отклонение от нормальности (рис. 2).

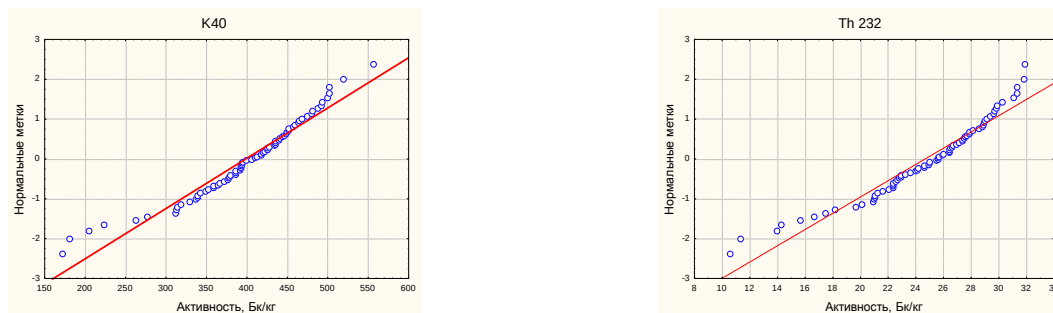


Рис.2. Нормальные графики активностей ^{40}K и ^{232}Th

Близость распределений этих радионуклидов отражается и в том, что между их активностями самый высокий коэффициент корреляции (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между активностями радионуклидов

	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
^{137}Cs	1	0,355	0,412*	0,536
^{226}Ra		1	0,402	0,605
^{232}Th			1	0,756
^{40}K				1

*Выделены значимо отличные от нуля коэффициенты корреляции.

Техногенный цезий также оказывается связанным с естественными радионуклидами, причем наиболее сильная связь отмечается между цезием и калием (табл. 2). Возможно, пространственное размещение ^{40}K может служить меткой территорий, где вероятно увеличение активности ^{137}Cs при радиоактивном загрязнении территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)».

УДК 631.174:631.472.71(476.2)

АГРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ФИЛИАЛА «ДВОРЕЦ» ОАО «СГЦ «ЗАРЕЧЬЕ» РОГАЧЕВСКОГО РАЙОНА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Д. КУРГАНСКАЯ, канд. с.-х. наук, доцент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Состояние агрохимических свойств почв наиболее объективно отражает характер ведения сельскохозяйственного производства. Научно обоснованное применение минеральных и органических удобрений, соблюдение технологии возделывания сельскохозяйственных культур является основными факторами, позволяющими целенаправленно воздействовать на процесс воспроизводства плодородия почв. Учитывая, что в условиях интенсивного использования земель происходит существенное изменение свойств почв, необходимо проводить агрохимический мониторинг, в первую очередь пахотных почв. Агрохимический мониторинг почв позволит объективно оценить плодородие почв хозяйства и увидеть, в каком направлении более конструктивно работать агрономической службе сельскохозяйственного предприятия.

В связи с этим, целью исследований являлся агрохимический мониторинг пахотных почв филиала «Дворец» ОАО «СГЦ «Заречье» Рогачевского района Гомельской области в процессе их сельскохозяйственного использования.

Агрохимический мониторинг пахотных почв филиала «Дворец» ОАО «СГЦ «Заречье» Рогачевского района проводился за период между XII (2013 г.) и XIII (2017 г.) турами обследования. В 2014 году произошла реорганизация хозяйства – к филиалу «Дворец» был присоединен филиал «Кошара» ОАО «Селекционно-гибридный центр «Заречье». В связи с этим площадь пахотных почв, подвергшаяся агрохимическому обследованию, увеличилась с 3225 до 5194 га.

По геоморфологическому районированию Беларуси, земли хозяйства расположены на территории Центрально-Березинской водно-ледниковой равнины, в пределах равнин и низин Предполесья.

Поверхность территории представляет собой плосковолнистую равнину с обширными плоскими понижениями. Основными почвообразующими породами хозяйства являются лессовидные, водно-ледниковые, аллювиальные и органогенные отложения.

Исследования показали, что на территории филиала «Дворец» ОАО «СПЦ «Заречье» распространены 5 типов почв, объединяющих 82 почвенные разновидности. Дерново-подзолистые почвы занимают 5580,16 га; дерново-подзолистые заболоченные – 1163,56 га; торфяно-болотные низинные – 380,39 га; аллювиальные (пойменные) дерновые заболоченные – 21,83 га и антропогенно-преобразованные почвы – 325,06 га.

Среди земель сельскохозяйственного назначения (7471 га) связносупесчаные почвы занимают 2743,12 га или 36,7 %, рыхлосупесчаные – 3038,78 га, или 40,6 %, связнопесчаные – 1161,01 га, или 15,5 %, рыхлопесчаные – 0,31 га, торфяные – 535,78 га, или 7,2 %.

Эродированные почвы в хозяйстве занимают 296,54 га пахотных земель, из них подверженные ветровой эрозии 197,97 га, а почвы подверженные водной эрозии – 98,57 га. В результате, наряду с разрушением гумусового горизонта, ухудшением водно-физических и агрохимических свойств, снижается продуктивность возделываемых на этих почвах культур. С целью охраны данных почв от разрушительного действия эрозии необходимо проводить комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических, агрохимических и др. мероприятий.

Дефляционно-опасные почвы, то есть почвы, которые в результате их нерационального использования могут быть подвержены эрозии, занимают в хозяйстве 3290,76 га сельскохозяйственных земель.

Пахотные угодья, в основном, представлены дерново-подзолистыми и дерново-подзолистыми заболоченными рыхлосупесчаными почвами.

По результатам XII тура агрохимического обследования почв, большую часть пашни (57,6 %) занимали почвы с близкой к нейтральной реакцией среды, значительную часть (24,4 %) – почвы со слабокислой реакцией среды. За анализируемый период более чем вдвое (с 57,6 до 25,7 %) снизилась доля почв с реакцией среды, близкой к нейтральной, но на 18,0 % увеличилась доля кислых почв. Появились почвы с сильно- и среднекислой реакцией среды. Общая доля почв, подлежащих известкованию, увеличилась с 4,4 % до 32,5 %. Доля пахотных почв с оптимальными параметрами кислотности к XIII туру уменьшилась с 40,8 до 39,2 %.

Таким образом, за анализируемый период, произошло снижение средневзвешенного значения pH_{KCl} с 6,16 до 5,76 (табл. 1).

Таблица 1. Динамика кислотности пахотных почв хозяйства

Туры	Площадь, га	По группам кислотности												Средне взв. значение		
		I <4,50		II 4,51–5,00		III 5,01–5,50		IV 5,51–6,00		V 6,01–6,50		VI 6,51–7,00			VII >7,00	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	
XII	3225	–	–	–	–	142	4,4	788	24,4	1855	57,6	440	13,6	–	–	6,16
XIII	5238	81	1,5	451	8,6	1174	22,4	1687	32,3	1347	25,7	498	9,5	–	–	5,76

Что касается содержания гумуса, то наибольшую долю посевных площадей, согласно XII туру агрохимического обследования, занимали почвы с повышенным и высоким содержанием гумуса – соответственно 42,7 и 30,7 %. По результатам XIII тура, эти почвы, по-прежнему, преобладали в хозяйстве. Однако, доля почв со средним содержанием гумуса уменьшилась на 6,2 %, но увеличилась на 6,9 % доля почв с очень высоким содержанием гумуса. Доля пахотных почв с оптимальным содержанием гумуса к XIII туру уменьшилась с 45,3 до 41,8 %.

В связи с этим, за период между турами агрохимического обследования почв средневзвешенное значение содержания гумуса увеличилось с 2,38 до 2,44 % (табл. 2).

Таблица 2. Динамика содержания гумуса в пахотных почвах хозяйства

Туры	Площадь, га	По группам содержания гумуса												Средне взвеш. значение, %
		I <1,0		II 1,01–1,5		III 1,51–2,0		IV 2,01–2,5		V 2,51–3,00		VI >3,00		
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	
XII	3225	–	–	–	–	644	20,0	1377	42,7	991	30,7	213	6,6	2,38
XIII	5194	–	–	57	1,1	717	13,8	2215	42,6	1505	29,0	700	13,5	2,44

Результаты XII тура агрохимического обследования показали, что наибольшую долю пашни составляли почвы с повышенным и высоким содержанием подвижных соединений фосфора – соответственно 37,3 и 25,6 %. К XIII туру на 4,8 % снизилась доля почв с высоким содержанием подвижного фосфора, а доля почв с повышенным его содержанием, наоборот, увеличилась на 4,6 %. Доля пахотных почв с оптимальным содержанием подвижных соединений фосфора увеличилась с 15,3 до 18,3 %.

Таким образом, средневзвешенное значение подвижных соединений фосфора в почве, за анализируемый период, снизилось незначительно – с 206 до 202 мг/кг (табл. 3).

Как показали исследования, к XIII туру агрохимического обследования, большая часть пашни (40,6 %), по-прежнему, представлена почвами с повышенным содержанием подвижных соединений калия. Однако, по сравнению с предыдущим туром, доля почв с высоким содержанием подвижных соединений калия снизилась на 6,8 %, а доля почв со средним его содержанием увеличилась на 7,9 %.

Таблица 3. Динамика содержания подвижных соединений фосфора в пахотных почвах хозяйства

Туры	Площадь, га	По группам содержания P ₂ O ₅												Средневзвеш. значение, мг/кг Г
		I <60		II 61–100		III 101–150		IV 151–250		V 251–400		VI >400		
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	
XII	3225	191	5,9	262	8,1	608	18,9	1204	37,3	825	25,6	135	4,2	206
XIII	5238	306	5.8	466	8.9	894	17.1	2194	41.9	1089	20.8	289	5.5	202

Почвы с оптимальными значениями подвижного калия в структуре пахотных земель составили 25,4 %.

Таким образом, средневзвешенное значение подвижных соединений калия в пахотных почвах хозяйства снизилось с 268 до 243 мг/кг почвы и находится на уровне оптимального значения для супесчаных почв, преобладающих в хозяйстве (табл. 4).

Таблица 4. Динамика содержания подвижных соединений калия в пахотных почвах хозяйства

Туры	Площадь, га	По группам содержания К ₂ О												Средневзвеш значение, мг/кг
		I <80		II 81–140		III 141–200		IV 201–300		V 301–400		VI >400		
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	
XII	3225	47	1,5	251	7,8	480	14,9	1362	42,2	769	23,8	316	9,8	268
XIII	5238	55	1,1	607	11,6	1196	22,8	2125	40,6	891	17,0	364	6,9	243

Таким образом, за период между турами, степень агрохимической окультуренности пахотных почв «Дворец» ОАО «СГЦ «Заречье» Рогачевского района не изменилась и, по-прежнему, находится на высоком уровне, что говорит о научно обоснованном применении минеральных и органических удобрений, соблюдением всех звеньев технологий возделывания сельскохозяйственных культур в хозяйстве.

УДК 631.42

АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОСТАГРОГЕННЫХ СВЕТЛО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ (GREYIS PHAEOZEMS ALBIS) ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Л. И. ЛАТЫПОВА, аспирант,
К. Г. ГИНИЯТУЛЛИН, канд. биол. наук,
Е. В. СМЕРНОВА, канд. биол. наук
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, Россия

В результате аграрного использования почвы претерпевают сильные изменения, особенно при использовании пахотные угодья. При выводе земель из пахотного оборота начинается процесс восстановления, постепенно формируя фитоценозы, свойственные естественному типу растительности в данной местности [1]. Этот процесс влечет за собой количественные изменения в запасах гумуса и других показателях плодородия почв [3]. Поэтому изучение изменения гумусного

состояния и основных питательных элементов залежных почв является в настоящее время актуальной задачей как с экологической точки зрения, так и с возможностью их использования в будущем.

Целью работы было установление современного состояния содержания гумуса и основных питательных элементов в светло-серых лесных залежных почвах.

В качестве объекта исследования был выбран старопашотный горизонт светло-серой лесной почвы, участок исследования находится под 15-летней залежью, расположенной на территории Ботанического сада Казанского (Приволжского) федерального университета, в Предкамье Республики Татарстан. Залежная растительность представлена луговым разнотравьем, зарастающим древесными культурами – березой и сосной. Точки отбора почвенных образцов определялись на местности с помощью полевого GPS контроллера TRIMBLE JUNO 5D с точностью геопозиционирования до 1 м. Из верхних 0–15 см старопашотного горизонта образцы отбирались послойно – 0–5, 5–10, 10–15 см, ниже 15 см – на всю оставшуюся мощность (глубина старопашотного горизонта фиксировалась как величина *b*). Всего было отобрано 100 послойных образцов из 25 точек отбора. В них был определен гумус по Тюрину в модификации ЦИНАО. Определение содержания щелочногидролизуемого азота по Корнфилду, подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) по Кирсанову в модификации ЦИНАО.

Гумус является одним из главных компонентов почвы определяющих ее свойства и плодородие. В настоящее время внимание к накоплению гумуса в почве возрастает, т. к. он играет первостепенную роль в формировании многих свойств и режимов почвы, и его функции нельзя заменить другими средствами [4–8]. В результате анализа полученных данных было установлено, исследуемые почвы оцениваются как средне гумусированные. Наблюдается четкая дифференциация содержания гумуса, в верхней части старопашотного горизонта (0–5 см) – 2,0 %, в нижней части (15–*b* см) – 0,9 % (таблица).

Среднее значение по содержанию гумуса, щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия

Показатель	Глубина отбора образцов			
	0–5 см	5–10 см	10–15 см	15– <i>b</i> см
Гумус, %	2,02	1,27	1,04	0,98
Щелочногидролизуемый азот, мг/кг	47,5	30,7	25,9	23,2
Подвижный фосфор (P_2O_5), мг/кг	260,0	341,6	306,7	242,3
Обменный калий (K_2O), мг/кг	43,0	28,0	21,0	19,0

По данным парного *t*-теста выявлена статистически значимая разница в содержании гумуса между слоями 0–5 см и 5–10 см ($t_{\text{стат}}=19,3$ при $t_{0,05}=2,0$), слоями 5–10 см и 10–15 см ($t_{\text{стат}}=13,5$ при $t_{0,05}=2,0$) и 10–15 и 15–*b* см ($t_{\text{стат}}=4,6$ при $t_{0,05}=2,0$).

Содержание щелочногидролизуемого азота (таблица) в верхнем слое (0–5 см) старопашотного горизонта достигает 48 мг/кг, а в слое (15–*b*) составляет 23 мг/кг. Коэффициент вариации (*V*,%) в верхнем слое (0–5 см) составил 18 %, в слое (5–10 см) – 20 %, в слое (10–15 см) – 18 %, а в слое (15–*b*) – 14 %, что свидетельствует о пространственной неоднородности его содержания. Закономерности дифференциации старопашотного горизонта можно связать с преимущественным накоплением гумуса в его верхних слоях.

В среднем на исследуемых образцах содержание фосфора высокое колеблется от 242 мг/кг до 341 мг/кг почвы (таблица). Согласно полученным данным, определенной закономерности в распределении подвижного фосфора по глубине не наблюдается. Коэффициент вариации для верхнего слоя (0–5 см) составляет 45 %, для среднего слоя (5–10 см) – 43 %, для следующего (10–15 см) – 39 %, для самого нижнего слоя (15–*b*) составил – 42 %. Пространственное варьирование содержания подвижного фосфора неоднородное. Очень высокое содержание доступного фосфора можно связать с его исходным содержанием в пахотной почве.

С глубиной отбора образцов их старопашотного горизонта наблюдается закономерное уменьшение содержания обменного калия. Согласно таблице максимальное количество обменного калия находится в самом верхнем слое старопашотного горизонта (0–5 см) и составляет 43 мг/кг почвы. Концентрация обменного калия в нижнем слое (15–*b* см) составляет 19 мг/кг почвы. Коэффициент вариации для верхнего слоя (0–5 см) составляет 43 %. Для среднего слоя (5–10 см) – 28 %, для следующего (10–15 см) – 21 %, для самого нижнего слоя (15–*b*) составил – 19 %. Высокое содержание обменного калия в верхних слоях при высокой вариабельности данного показателя можно связать с его накоплением с растительными остатками.

В целом можно сделать вывод, что при 15-летнем нахождении залежных светло-серых лесных почв с исходно низким плодородием под залежной растительностью наблюдается существенная закономерная дифференциация старопашотного горизонта по агрохимическим свойствам (за исключением доступного фосфора).

ЛИТЕРАТУРА

1. Квасова, А. М. Влияние землепользования на гумусное состояние и дыхательную активность серых лесных почв / А. М. Квасова, И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гераню, А. Ю. Давыдова, Е. М. Гуляева // Труды IV Всерос. конф. Гуминовые вещества в биосфере. 19–21 дек. – М., 2007. – С. 260–262.
2. Гиниятуллин, К. Г., Валеева А. А., Смирнова Е. В. Использование кластерного и дискриминантного анализов для диагностики литологической неоднородности почвообразующей породы по гранулометрическому составу // Почвоведение, 2017, №8, С. 946–953
3. Суханова, Н. И. Изменение содержания органического углерода и дыхательной активности чернозема обыкновенного под влиянием зарастания естественной растительностью / Н. И. Суханова, И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гераню, В. В. Керимзаде // Труды IV Всерос. конф. Гуминовые вещества в биосфере. 19–21 дек. – М. 2007. – С. 310–311.
4. Хлыстов, И. А. Гумусное состояние почв в районе биологической станции Уральского федерального университета / И. А. Хлыстов, Л. А. Сенькова // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 2. – С. 29–34.
5. Ларионова, А. А. Баланс углерода в естественных и антропогенных экосистемах лесостепи / А. А. Ларионова, Л. Н. Розанова, И. В. Евдокимова, А. М. Ермолаев // Почвоведение. – 2002. – № 2. – С. 177–185.
6. Пузанов, А. В. Гумусное состояние почв долины средней катунь / А. В. Пузанов, С. С. Мешкина, С. Н. Балыкин // Мир науки, культуры, образования. – 2008. – № 2. – С. 14–16.
7. Найдарова, Д. Л. Гумусное состояние серых лесных почв восточного Забайкалья / Д. Л. Найдарова, Г. Д. Чимитдоржиева // Агрохимия. – 2009. – № 1. – С. 18–21.
8. Абасов, М. М. Гумусное состояние почв Дагестан и пути его улучшения / М. М. Абасов, М. А. Баламирзоев // Плодородие. 2007. – № 5. – С. 3–4.

УДК. 631.445. 2:665.614

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ ПОДВИЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

А. В. ЛЕДНЕВ, д-р с.-х. наук, профессор
Удмуртский НИИСХ – структурное подразделение УдмФИЦ УрО РАН,
г. Ижевск, Россия

В настоящее время наиболее распространённым способом восстановления плодородия почв, загрязнённых нефтью, является их биологическая рекультивация. Она основана на создании в загрязнённой почве оптимальных условий для жизнедеятельности углеводородокисляющих микроорганизмов (аборигенных или внесенных в виде биопрепарата). На практике оптимальные условия создаются путём различных механических обработок почвы и внесением в неё мелиорантов, органических и минеральных удобрений. Однако внесение удобрений в загрязнённую почву не всегда позволяет достигнуть желаемого результата, так как нефтяное загрязнение резко снижает в почве подвижность большинства соединений, в том числе элементов минерального питания растений. Ухудшение пищевого режима почвы под действием нефти отмечено многими исследователями [1–4], однако степень снижения содержания этих элементов, в зависимости от дозы загрязнения, всё ещё остается дискуссионной. В связи с этим имеет теоретический и практический интерес изучить влияние различных степеней загрязнения почвы нефтью на фактор емкости (содержание) и фактор интенсивности (подвижность) элементов минерального питания. Уточнение этих показателей позволит оценить эффективность внесения минеральных удобрений на нефтезагрязнённых почвах и более обоснованно производить расчеты их доз при разработке систем мероприятий по рекультивации.

Задача опытов – изучить влияние нефтяного загрязнения на содержание минерального почвенного азота, подвижного фосфора, обменного калия при разных дозах внесения минеральных удобрений.

Исследования проводились в трех лабораторных модельных опытах в полиэтиленовых сосудах ёмкостью 1 литр. Масса абсолютно сухой почвы в сосуде 0,8 кг. Объект исследований – пахотный горизонт дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы, загрязнённый нефтью до следующих уровней: 3, 5, 10 и 15 % от массы абс. сух. почвы. До закладки опыта почва имела следующие показатели: $pH_{КС}$ 5,4; $S = 14,6$ ммоль/100 г; содержание аммонийного азота – 22,3 мг/кг; нитратного азота – 7,2 мг/кг; подвижного фосфора – 113 мг/кг и обменного калия – 128 мг/кг. Загрязнение проведено нефтью с Гремихинского месторождения Ижевского НГДУ. Она содержала повышенное количество серы – 1–3 % (сернистая), парафинов – 3–5 % (парафиновая) и смол – 20–25 % (высокомолистая). Нефть была вылита на поверхность почвы и тщательно с ней перемешана. Загрязнённую почву в сосудах выдержали при оптимальной температуре (20 – 25 °С) и влажности (около 60 % от ПВ) в течение суток, после чего в неё были внесены минеральные удобрения в соответствии со схемой опыта (в первом опыте – азотные, во втором – фосфорные, в третьем –

калийные). В качестве минеральных удобрений использованы химически чистые соли: NH_4NO_3 ; $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$; KCl . Удобрения были растворены в дистиллированной воде и равномерно распределены по поверхности. Почву в сосудах снова перемешали, выдержали при тех же оптимальных условиях в течение суток, после чего из неё отобрали образцы на агрохимический анализ.

Таблица 1. Схемы лабораторных опытов

Степень загрязнения почвы нефтью, %	Доза минеральных удобрений, кг/га д.в. (N; P_2O_5 ; K_2O)		
	без удобрений	100	300
0	+	+	+
3	+	+	+
5	+	+	+
10	+	+	+
15	+	+	+

Опыты заложены в шестикратной повторности.

Почвенные образцы проанализированы по следующим методикам: подвижный фосфор и калий – методом Кирсанова в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26207 – 91; степень подвижности фосфора – методом Карпинского-Замятиной; степень подвижности калия – методом ВИУА; нитраты – потенциометрическим методом, ГОСТ 26981-86; обменный аммоний – методом ЦИНАО.

Нефтяное загрязнение вызвало резкое снижение в почве содержания подвижных форм азота, фосфора и калия. Это объясняется тем, что нефть образует вокруг почвенных частиц и агрегатов гидрофобные плёнки, которые препятствуют проникновению водных растворов к их внутренним частям. В зависимости от дозы загрязнения происходит частичная или почти полная изоляция почвенных частиц и структурных отдельностей от жидкой фазы. Действие нефти на снижение конкретных показателей, характеризующих пищевой режим почвы, несколько отличалось друг от друга, но в первую очередь определялось количеством в почве поллютанта.

Влияние нефтяного загрязнения на содержание подвижного фосфора в почве показано в табл. 2. Данные таблицы свидетельствуют, что нефть вызывает резкое математически достоверное снижение содержания подвижного фосфора. Величина снижения находилась в прямой корреляционной зависимости от степени загрязнения и изменялась от 31 % (нефть 3%) до 74 % (нефть 15 %). Процент снижения содержания подвижного фосфора под действием нефти практически не зависел от его количества в загрязненной почве.

Таблица 2. Действие различных концентраций нефти на содержание подвижного фосфора в почве

Нефть, %	Содержание подвижного фосфора								
	без удобрений			внесение 100 кг/га			внесение 300 кг/га		
	мг/кг	снижение		мг/кг	снижение		мг/кг	снижение	
		мг/кг	%		мг/кг	%		мг/кг	%
0	113	–	0	127	–	0	167	–	0
3	75	38	34	93	34	27	113	54	32
5	57	56	50	57	70	55	85	82	49
10	34	79	70	48	79	62	53	114	68
15	31	82	73	33	94	74	44	123	74
НСР ₀₅	–	1,8	3	5	4,6	6	–	1,6	2
Среднее по ф-у В НСР ₀₅ 0,8	62	–	–	72	–	–	92	–	–

НСР₀₅ частных 2,9

Аналогичное действие нефтяное загрязнение оказало и на показатель степени подвижности фосфора, только величина снижения его была несколько меньшей, она изменялась от 11 % (нефть 3 %) до 52 % (нефть 15 %).

Нефтяное загрязнение вызвало значительное снижение содержания обменного калия в почве (табл. 3). Снижение содержания этого элемента под действием нефти также практически не зависело от его количества в незагрязненной почве. При максимальной степени загрязнения (нефть 15 %) содержание обменного калия в почве снизилось во всех вариантах до очень низкого уровня и составляло только 17–19 % от его исходного количества, что на 6–8 % оказалось ниже содержания фосфора при этой же дозе загрязнения. Действие нефти на степень подвижности калия выражено значительно меньше, чем на содержание обменного калия. Даже при концентрации нефти в почве равной 15 %, этот показатель на всех трех уровнях исходной обеспеченности калием снизился только на 16–25 %. Тем не менее во всех вариантах четко просматривалась прямая математически достоверная зависимость этого показателя от степени загрязнения почвы.

Влияние нефтяного загрязнения на содержание в почве нитратного и аммонийного азота показано в табл. 4 и 5.

Таблица 3. Действие различных концентраций нефти на содержание обменного калия в почве

Нефть, %	Содержание обменного калия								
	Без удобрений			Внесение 100 кг/га			Внесение 300 кг/га		
	мг/кг	снижение		мг/кг	снижение		мг/кг	снижение	
		мг/кг	%		мг/кг	%		мг/кг	%
0	128	–	0	142	–	0	172	–	0
3	85	43	34	108	34	24	133	40	23
5	72	56	44	82	60	42	97	75	44
10	57	71	55	70	72	51	80	92	54
15	25	103	81	25	117	82	29	143	83
НСР ₀₅	–	5	7	–	3	4	–	5	5
Среднее по ф-у В НСР ₀₅ 1,2	73	–	–	85	–	–	102	–	–

НСР₀₅ частных 4,8Таблица 4. Действие различных концентраций нефти на содержание N-NO₃ в почве

Нефть, %	Содержание N-NO ₃								
	без удобрений			внесение 100 кг/га			внесение 300 кг/га		
	мг/кг	снижение		мг/кг	снижение		мг/кг	снижение	
		мг/кг	%		мг/кг	%		мг/кг	%
0	7,2	–	0	9,8	–	0	20,4	–	0
3	4,2	3,0	42	4,9	4,9	50	13,4	7,0	34
5	3,0	4,2	58	4,2	5,6	57	8,0	12,4	61
10	1,4	5,8	81	3,8	6,0	61	7,5	12,9	63
15	1,3	5,9	82	2,1	7,7	79	5,0	15,4	75
НСР ₀₅	–	0,9	25	–	0,7	14	–	0,7	7
Среднее по ф-у В НСР ₀₅ 0,2	3,4	–	–	5,0	–	–	10,9	–	–

НСР₀₅ частных 0,7Таблица 5. Действие различных концентраций нефти на содержание N-NH₄ в почве

Нефть, %	Содержание N-NH ₄								
	без удобрений			100 кг/га			300 кг/га		
	мг/кг	снижение		мг/кг	снижение		мг/кг	снижение	
		мг/кг	%		мг/кг	%		мг/кг	%
0	22,3	–	0	33,8	–	0	88,6	–	0
3	17,4	4,9	22	21,8	12,0	35	54,9	33,7	38
5	11,1	11,2	50	11,5	22,3	66	34,5	54,1	61
10	8,8	13,5	61	11,2	22,6	67	23,4	65,2	74
15	4,9	17,4	78	5,3	28,5	84	16,4	72,2	82
НСР ₀₅	–	0,5	4	–	2,3	17	–	5,1	16
Среднее по ф-у В НСР ₀₅ 0,9	12,9	–	–	16,7	–	–	43,6	–	–

НСР₀₅ частных 3,4

Данные таблиц свидетельствуют, что нефть вызывает резкое математически достоверное снижение содержания в почве и этих элементов минерального питания. Величина этого снижения также находилась в прямой корреляционной зависимости от дозы загрязнения. Процент снижения содержания нитратного и аммонийного азота не зависел от его количества в загрязненной почве.

Результаты, полученные в модельных лабораторных опытах, подтверждаются данными полевых опытов. Почвенные образцы в этих опытах были отобраны через неделю после загрязнения. Несмотря на то, что снижение содержания элементов питания под действием нефти в полевых условиях происходило на несколько меньшую величину (кроме нитратного азота), тем не менее все вышеперечисленные закономерности четко прослеживались и доказывались математически. Наибольшее снижение содержания под действием нефти в полевых условиях наблюдалось у нитратного азота (на 72,8–86,8 %), наименьшее – у аммонийного азота (на 12,0–15,7 %).

1. Нефть оказывает на все основные элементы минерального питания одинаковое отрицательное действие – резко снижает содержание их подвижных, а значит и доступных для растений и почвенных микроорганизмов форм. Это одна из причин низкой скорости разложения нефти в почве.

2. В зависимости от степени загрязнения величина снижения для всех элементов была примерно одинаковая и колебалась от 23–43 % (при дозе нефти 3%) до 73–83 % (при дозе нефти 15 %). Процент

снижения содержания всех этих элементов, в большинстве случаев, не зависел от их количества в загрязненной почве.

3. Действие нефти на степень подвижности изучаемых элементов выражено значительно меньше, чем на содержание их доступных форм, но, тем не менее, все вышеперечисленные закономерности наблюдались и математически доказывались и на этих показателях.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-416-180005 p_a.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гилязов, М. Ю. Агроэкологическая характеристика и приемы рекультивации нефтезагрязненных черноземов республики Татарстан / М. Ю. Гилязов, И. А. Гайсин. – Казань: Фен, 2003. – 228 с.
2. Леднев, А. В. Изменение свойств почв Среднего Предуралья под действием продуктов нефтедобычи и приемы их рекультивации / А. В. Леднев. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008. – 174 с.
3. Пиковский, Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде / Ю. И. Пиковский. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 207 с.
4. Солнцева, Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н. П. Солнцева. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.

УДК: 631.618(470.51)

ОСНОВНЫЕ АГРОПРИЕМЫ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

А. В. ЛЕДНЕВ, д-р с.-х. наук, профессор
Удмуртский НИИСХ – структурное подразделение УдмФИЦ УрО РАН,
г. Ижевск, Россия

В настоящее время во многих странах мира, в связи с интенсификацией сельского хозяйства и промышленного производства, возрастает степень индустриального влияния на природные ландшафты. Неуклонно возрастают объемы строительства различных объектов народного хозяйства, дорог и коммуникаций, тысячи гектаров земли подвергаются непосредственному воздействию промышленных разработок. В результате этих процессов резко снижается продуктивность почв, нарушаются сложившиеся биогеоценотические связи, изменяется рельеф земной поверхности и литологической основы, может полностью быть уничтожен почвенный и растительный покров. По данным международных организаций пахотно-пригодный фонд Земли составляет всего около 3,0–3,5 млрд га, из них почти 2,0 млрд. га в той или иной степени подвержены деградации, в результате развития которой ежегодно теряется около 7 млн га [1].

Одной из главных причин снижения продуктивности почв в результате возросшего техногенного воздействия является значительное уменьшение содержания гумуса в гумусовом слое, поэтому проблема улучшения гумусового состояния почв приобрела государственное значение [2]. Снижение содержания гумуса ниже критических величин вызывает резкое ухудшение агрохимических и агрофизических свойств почв, что создает значительные проблемы при их сельскохозяйственном использовании. Восстановление нарушенного плодородия без вмешательства человека происходит за очень длительный период, может занимать десятки и даже сотни лет, что приводит к отчуждению из сельскохозяйственного оборота большого количества земель. С учётом тенденции к неуклонному росту техногенеза становится очевидной острота и злободневность проблемы рекультивации техногенно-нарушенных почв.

К агротехническим приёмам, оказывающим наиболее значительное влияние на содержание органического вещества, относятся внесение удобрений, заделка сидератов и послеуборочных остатков. Если действие этих агроприёмов на повышение плодородия основных типов почв хорошо известно, то их влияние на свойства нарушенных почв до сих пор дискуссионное.

Для выявления эффективности различных мероприятий на процесс биологической рекультивации нарушенных почв в Удмуртском НИИСХ была заложена серия полевых опытов. В данной статье показаны обобщённые результаты влияния удобрений и сидератов на содержание органического вещества в пахотном слое нарушенных почв (табл. 1).

Таблица 1. Влияние сидератов и фонов удобрений на содержание органического вещества в пахотном слое нарушенных почв, % (среднее по трём опытам)

Фон удобрений	Сидераты	Сроки отбора почвенных образцов				
		до закладки	всходы сидератов	после заделки сидератов	всходы яровой пшеницы	после уборки яровой пшеницы
Без удобрений	без сидерата	1,48	1,35	1,57	1,47	1,55
	вико-овес	1,48	1,45	2,18	1,97	1,80
	горчица	1,48	–	1,72	1,58	1,74
	рапс	1,48	–	1,87	1,57	1,66
	среднее по сидератам	1,48	1,45	1,92	1,70	1,73
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ ⁺ навоз 30 т/га	без сидерата	1,48	1,82	1,86	1,87	1,65
	вико-овес	1,48	1,84	2,50	1,97	1,80
	горчица	1,48	–	1,93	1,84	1,74
	рапс	1,48	–	1,80	1,91	1,66
	люпин	1,48	–	1,89	1,98	1,92
	среднее по сидератам	1,48	1,84	2,03	1,92	1,78
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ⁺ навоз 60 т/га	без сидерата	1,48	2,18	2,20	2,16	1,98
	вико-овес	1,48	2,21	2,67	2,38	2,21
	горчица	1,48	–	2,26	2,20	2,15
	рапс	1,48	–	2,39	2,25	2,14
	люпин	1,48	–	2,54	2,39	2,20
	среднее по сидератам	1,48	2,21	2,46	2,03	2,18

Данные таблицы свидетельствуют, что наибольшее влияние на этот показатель, закономерно, оказало внесение средних и, тем более повышенных, доз органических и минеральных удобрений. Самое значительное увеличение содержания органического вещества в пахотном слое наблюдалось сразу после их внесения, а затем, его количество, по мере минерализации органических удобрений, постепенно уменьшалось, но даже в конце второго вегетационного периода превышало контроль без удобрений на 6,5 % (при средних дозах внесения удобрений) и 27,7 % (при повышенных дозах внесения).

Возделывание сидератов также увеличило в пахотном слое нарушенных почв содержание органического вещества, наиболее значительное сразу после их заделки. Количество поступившего в почву органического вещества определялось полученной урожайностью сидератов. На второй год, по мере минерализации их вегетативной массы, количество органического вещества в почве постепенно уменьшалось, тем не менее, в конце второго вегетационного периода всё ещё на 7,8–11,6 относит. % превышало фоны без сидератов. Из сидератов наибольшее воздействие на этот показатель оказала викоовсяная смесь и люпин.

Наиболее целесообразным подходом к выявлению агрономической ценности органического вещества и его составляющих можно считать разделение всех органических соединений почвы на две большие части: группу консервативных, устойчивых веществ, и группу лабильных соединений. Если роль первой группы достаточно хорошо изучена, то роль лабильных органических соединений в последние десятилетия находится в центре внимания научного сообщества. К настоящему времени установлено, что именно эта группа непосредственно участвует в питании сельскохозяйственных растений, формирует водопрочную структуру почвы, служат энергетическим материалом для микроорганизмов.

Влияние удобрений и сидератов на содержание лабильного органического вещества (ЛОВ) показано в табл. 2. Приведённые данные свидетельствуют, что заделка сидератов и внесение удобрений обусловило увеличение в пахотном слое и этого важнейшего показателя, причём их действие стало проявляться только в конце первого вегетационного периода, когда произошла частичная минерализация и гумификация органических удобрений и растительных остатков. Наибольшее влияние на этот показатель оказало возделывание викоовсяной смеси и люпина на фоне внесения повышенных доз органических и минеральных удобрений, к концу второго вегетационного периода они обеспечили увеличение содержания ЛОВ по сравнению с контролем: викоовсяная смесь – на 50 %, люпин – на 39 % (табл. 2).

Таблица 2. Влияние сидератов и фонов удобрений на содержание лабильных форм органического вещества в пахотном слое нарушенных почв, % (среднее по трём опытам)

Фон удобрений	Сидераты	Сроки отбора почвенных образцов				
		до закладки	всходы сидератов	после заделки сидератов	всходы яровой пшеницы	после уборки яровой пшеницы
Без удобрений	без сидерата	–	0,113	0,117	0,115	0,105
	вико-овес	–	0,115	0,121	0,129	0,115
	люпин	–	–	0,150	0,135	0,129
	среднее по сидератам	–	0,115	0,136	0,132	0,122
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ ⁺ навоз 30 т/га	без сидерата	–	0,128	0,148	0,131	0,105
	вико-овес	–	0,129	0,156	0,134	0,115
	горчица	–	–	0,170	0,170	0,120
	рапс	–	–	0,170	0,148	0,114
	люпин	–	–	0,174	0,155	0,122
	среднее по сидератам	–	0,129	0,167	0,118	0,118
	без сидерата	–	0,133	0,178	0,150	0,123
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ⁺ навоз 60 т/га	вико-овес	–	0,134	0,195	0,158	0,157
	горчица	–	–	0,180	0,160	0,140
	рапс	–	–	0,200	0,143	0,124
	люпин	–	–	0,194	0,172	0,146
	среднее по сидератам	–	0,134	0,192	0,158	0,142

Таким образом, приведённые данные свидетельствуют, что внесение удобрений и заделка сидератов являются высокоэффективными агроприёмами в системе биологической рекультивации нарушенных почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Габбасова, И. М. Деграция и рекультивация почв Южного Предуралья: автореф. дис ... докт. биол. наук / И. М. Габбасова. – М., 2001. – 45 с.
2. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / В. И. Кирюшин, Н. Ф. Ганжара, И. С. Кауричев [и др.]. – М.: Изд-во МСХА, 1993.

УДК 332.33:633.521:631.559

СТРУКТУРА АГРОЛАНДШАФТОВ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ И ПРОИЗВОДСТВО ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

А. С. ЛИМОНТ, канд. техн. наук, доцент,
Житомирский агротехнический колледж,
г. Житомир, Украина

Основными причинами, вызывающими развитие эрозионных процессов в почве, считают распаханность сельскохозяйственных угодий, расширение площади посева просапных культур, укрупнение полей и значительное сокращение площади облесенности [1]. В отдельных районах Украины распаханность сельскохозяйственных угодий превышает 96 %, а степень распаханности всего земельного фонда составляет свыше 60 %, тогда как в США – 12 % [2]. Вопросы оптимизации агроландшафтов Украины рассмотрены в работах [3, 4] и указано, что оптимальным следует считать отношение дестабильных факторов (пашня, сады) к стабильным (природные кормовые угодья, леса, лесополосы), которое не превышает единицы.

По расчетам [5] пашня в составе наиболее продуктивных земель не должна превышать 57,9 %. Прогнозируемая распаханность сельскохозяйственных угодий в Украине за счет изъятия из обработки соответствующего объема пашни и перевода ее в природные кормовые угодья должна составлять 56,8 % [6], а в предлагаемом комплексе противоэрозионных мероприятий [5] предусмотрено уменьшение распаханности до 40 %. Распаханность полесских агроландшафтов в Украине не должна превышать 33 % [7]. Это соотношение рекомендовано рассматривать как экологический норматив распаханности сельскохозяйственных угодий Полесья [7].

Распаханность сельскохозяйственных угодий как антропогенный или антропогенный фактор, который вызывает деградацию почв, должна влиять на урожайность сельскохозяйственных культур. Однако в литературных источниках за исключением [1] отсутствует информация о влиянии распаханности сельскохозяйственных угодий на эффективность производства определенных культур.

Поскольку распаханность сельскохозяйственных угодий рассматривают как один из факторов, который вызывает водную и ветровую эрозию почв, то по [5] на эродированных почвах урожайность сельскохозяйственных культур на 20–60 % ниже, чем на незероированных. Но есть и другая информация [8], согласно которой в Черниговской области доля пахотных земель составляет 66,5 %, что не является препятствием для выращивания большинства сельскохозяйственных культур. С повышением распаханности земель в административных районах Житомирской области от 49,9 до 85,0 % уровень плодородия угодий возрастает от 16,3 до 34,3 баллов [9].

С учетом [5, 8 и 9] косвенно можно предположить, что увеличение распаханности сельскохозяйственных угодий сопровождается снижением урожайности возделываемых культур не влияет на урожайность или приводит к ее повышению. Для определения влияния распаханности сельскохозяйственных угодий на урожайность возделываемых культур проведены соответствующие исследования.

Цель исследования состояла в повышении эффективности производства льна-долгунца путем познания распаханности сельскохозяйственных угодий льносеющих предприятий, которая обеспечивает приближенную к максимальной урожайность льнопродукции.

Объект исследования – производство льна-долгунца в 52 крупнотоварных сельскохозяйственных предприятиях Житомирского Полесья до аварии на Чернобыльской АЭС, в которых лен-долгунец выращивали на площади от 70 до 545 га, а концентрация посевов культуры колебалась в пределах 4,2–13,6 %. В годы, предшествующие аварии на ЧАЭС, лен-долгунец был ведущей, характерной и традиционной культурой в Полесье Украины, посевная площадь которого в коллективных сельскохозяйственных предприятиях доходила до 238 тыс. га, а в Украине вырабатывали до 17 % мирового производства льноволокна. В исследовании в качестве факториального признака принята распаханность сельскохозяйственных угодий $P_{\text{ут}}$ (%), по которой оценивали структуру агроландшафтов сельскохозяйственных предприятий Полесья Украины.

Результативными признаками приняты показатели эффективности производства льна-долгунца – уровень его сева в оптимальный агротехнический срок (ОАТС) $U_{\text{агр}}$ (сотые доли единицы), урожайности льносемян $U_{\text{лн}}$ (ц/га) и льноволокна $U_{\text{лв}}$ (ц/га).

Распаханность сельскохозяйственных угодий определяли как долю пашни в процентах к площади сельскохозяйственных угодий, а уровень сева льна-долгунца в ОАТС – по методике [1]. Исходные данные выбирали из соответствующих форм статистической отчетности предприятий и материалов первичного учета выполнения механизированных сельскохозяйственных работ.

Обработка экспериментальных данных осуществлена методами математической статистики и с использованием стандартных компьютерных программ. Первоначально для выяснения влияния распаханности сельскохозяйственных угодий на уровень сева льна-долгунца в ОАТС, урожайность семян и волокна льна-долгунца использован дисперсионный анализ экспериментальных данных по схеме неравномерного однофакторного комплекса. Затем для определения направления, формы и характера влияния факториального признака на изменение результативных использован корреляционно-регрессионный анализ экспериментальных данных с вычислением t -критерия Стьюдента и F -критерия Фишера. Для определения модельных линий регрессии результативных признаков по факториальному осуществлено выравнивание экспериментальных данных соответствующими прогностическими функциями с вычислением R^2 -коэффициентов.

Распаханность сельскохозяйственных угодий $P_{\text{ут}}$, уровень сева льна-долгунца в ОАТС $U_{\text{агр}}$, урожайность семян $U_{\text{лн}}$ и волокна $U_{\text{лв}}$ как случайные величины колебались в пределах соответственно 38,2–83,1 %, 0,38–0,97; 0,96–6,60 и 1,96–12,80 ц/га. По значениям коэффициентов асимметрии и эксцесса распределений они несущественно отличаются от нормального. Расчет χ^2 -критерия Пирсона показал, что по уровню вероятности 0,95 отсутствуют основания для отклонения нулевой гипотезы о нормальном распределении исследуемых распределений.

Значимость влияния $P_{\text{ут}}$ на уровень сева льна-долгунца в ОАТС определена с вероятностью 0,75. Значимость влияния распаханности сельскохозяйственных угодий на урожайность семян и волокна льна-долгунца доказана с вероятностью соответственно 0,90 и 0,95. Результаты корреляционно-регрессионного анализа экспериментальных данных представлены в таблице.

Во всех исследованных связях отмечены положительные значения коэффициентов корреляции, т. е. с увеличением распаханности сельскохозяйственных угодий уровень сева льна-долгунца в ОАТС, урожайность семян и волокна возрастают. Поскольку численные значения корреляционных отношений превышают значения коэффициентов корреляции, то связь между исследуемыми признаками может быть криволинейной.

Влияние распаханности сельскохозяйственных угодий на уровень сева льна-долгунца в оптимальный агротехнический срок и урожайность льнопродукции

Результативный – факториальный признак	Коэффициент корреляции (числитель) и корреляционное отношение (знаменатель)	Прогностическая функция (числитель) и уравнение регрессии (знаменатель)	Значения R^2 -коэффициента (числитель) и показателя выравнивания (знаменатель)	Ошибка уравнения регрессии (числитель) и коэффициент детерминации (знаменатель)
Уровень сева льна-долгунца в оптимальный агротехнический срок $V_{\text{агр}}$ – распаханность сельскохозяйственных угодий $P_{\text{уг}}$, %	$\frac{0,332}{0,376}$	Замедленно возрастающая гипербола $V_{\text{агр}} = 0,883 - 18,61/P_{\text{уг}}$	$\frac{0,834}{0,002}$	$\frac{0,130}{0,141}$
Урожайность льносемян $U_{\text{лн}}$, ц/га – распаханность сельскохозяйственных угодий $P_{\text{уг}}$, %	$\frac{0,109}{0,204}$	Замедленно возрастающая гипербола $U_{\text{лн}} = 3,89 - 89,69/P_{\text{уг}}$	$\frac{0,629}{0,122}$	$\frac{1,04}{0,042}$
Урожайность льноволокна $U_{\text{лв}}$, ц/га – распаханность сельскохозяйственных угодий $P_{\text{уг}}$, %	$\frac{0,245}{0,270}$	Замедленно возрастающая гипербола $U_{\text{лв}} = 11,43 - 345,63/P_{\text{уг}}$	$\frac{0,908}{0,084}$	$\frac{2,95}{0,073}$

Для определения возможного характера связи уровня сева льна-долгунца в ОАТС и его урожайности в зависимости от распаханности сельскохозяйственных угодий осуществили проверку линейности регрессии с использованием t -критерия Стьюдента и F -критерия Фишера.

Анализ t -критериев Стьюдента и F -критериев Фишера показал, что зависимости $V_{\text{агр}} = f(P_{\text{уг}})$, $U_{\text{лн}} = f(P_{\text{уг}})$ и $U_{\text{лв}} = f(P_{\text{уг}})$ имеют нелинейный вид и с учетом положительных коэффициентов корреляции могут быть вогнутыми или выпуклыми, ускоренно или замедленно возрастающими. По значению R^2 -коэффициента наилучшее выравнивание экспериментальных значений результативных признаков обеспечила их аппроксимация уравнениями замедленно возрастающих гипербол, которые приведены в таблице. В таблице представлены и показатели, которыми оценивают выравнивание экспериментальных значений результативных признаков приведенными уравнениями. Ошибки уравнений криволинейной регрессии и соответствующие коэффициенты детерминации также приведены в таблице.

Уровень сева льна-долгунца в оптимальный агротехнический срок и урожайность льнопродукции возрастают вначале ускоренно, затем темп их роста замедляется, достигая асимптотического значения, определяемого свободным членом уравнений гипербол.

Вариация распаханности сельскохозяйственных угодий на 14,1 % причинно обуславливает вариацию уровня сева льна-долгунца в оптимальный агротехнический срок. По значению коэффициентов детерминации 4,2 % вариации урожайности семян и 7,3 % вариации урожайности волокна причинно обусловлены вариацией распаханности сельскохозяйственных угодий. С увеличением распаханности сельскохозяйственных угодий свыше 50 % интенсивность повышения уровня сева льна-долгунца в оптимальный агротехнический срок, урожайности семян и волокна значительно замедляется и находится в пределах ошибок уравнений регрессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лімонт, А. С. Розораність сільськогосподарських угідь та результативність машинно-тракторного парку льноносіючих підприємств / А. С. Лімонт // Вісн. Житомир. нац. агроєколог. ун-ту. – Житомир, 2008. – № 2. – С. 118–129.
2. Сайко, В. Актуальні проблеми землеробства: простих шляхів мінімізації обробітку ґрунту не буває / В. Сайко // Техніка АПК. – 2008. – № 1. – С. 8–14.
3. Булигін, С. Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів / Булигін С. Ю. – К.: Урожай, 2005. – 300 с.
4. Булигін, С. Ю. Формування просторової бази землеробства 21-го сторіччя / С. Ю. Булигін // Вісн. Харків. держ. аграр. ун-ту. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». – 1999. – № 2. – С. 20–25.
5. Зубець, М. В. Ерозія: стан та шляхи розв'язання проблеми / М. В. Зубець, С. А. Балюк, Д. О. Тімченко // Вісн. аграр. науки. – 2008. – № 3 – С. 8–12.
6. Сайко, В. Ф. Проблеми раціонального використання земельного фонду України / В. Ф. Сайко // Землеробство. – 1996. – Вип. 71. – С. 3–10.
7. Особливості програмування агроєкосистем Полісся / В. П. Стрельченко, А. М. Бовсуновський, О. П. Стецюк, М. В. Налапко // Вісн. аграр. науки. – 1999. – № 10. – С. 21–24.
8. Шевченко, І. А. Використання орних земель Чернігівщини та проблеми відродження їх продуктивності / І. А. Шевченко // Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту. Сер. «Економіка АПК і природокористування»: Ринкові трансформації та розвиток продуктивних сил аграрного сектора. – 2004. – № 7. – С. 282–286.
9. Микитюк, В. М. Формування продовольчої безпеки в Україні: регіональний аспект: монографія / В. М. Микитюк, О. В. Скидан. – Житомир: Вид-во Держ. агроєколог. ун-ту, 2005. – 248 с.

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАШНИ И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

Т. П. ЛИФАНЕНКОВА, канд. с.-х. наук, вед. н.с.,

Р. В. БИЖОЕВ, науч. сотр.,

Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН,
г. Нальчик, Россия

Под воздействием антропогенной и природной нагрузки изменяется плодородие почв, вовлеченных в сельскохозяйственное производство, в первую очередь их агрофизические, агрохимические и водные свойства, вследствие чего изменяется уровень производства и продуктивность пашни. Рациональное использование орошаемых земель степной зоны Центрального Предкавказья и повышение эффективности применяемых систем удобрения являются актуальными и практически значимыми аспектами в обеспечении продовольственной безопасности региона. Не менее важным является устойчивое производство продукции в условиях сухого земледелия, так как около половины земель сельскохозяйственного назначения в степной зоне не орошаются.

Свыше 30 % земель в регионе представлено черноземами обыкновенными. Они преобладают в Кабардино-Балкарской Республике, Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской области, Республике Северная Осетия-Алания, Чеченской Республике, Ингушетии, Дагестане. По материалам обследования 2006 года 220 из 322 тыс. га всей пашни в Кабардино-Балкарской Республике имели низкое содержание гумуса, увеличилась площадь пашни с очень низким и низким содержанием фосфора – до 97 тыс. га, с очень низким и низким содержанием обменного калия – до 23 тыс. га [1]. Ухудшение плодородия земель сельскохозяйственного назначения обуславливает необходимость разработки приемов воспроизводства плодородия почв, которые в первую очередь должны быть направлены на восполнение потерь органического вещества. Определение систем удобрения в севооборотах в зоне орошаемого земледелия зависит от многих условий, взаимосвязанных друг с другом. Важнейшее значение в решении этого вопроса имеют результаты многолетних полевых опытов, которые раскрывают связь между показателями плодородия почвы, продуктивностью культур, применяемыми удобрениями, влагообеспеченностью и другими факторами.

В двух длительных стационарных агрохимических опытах, которые проводятся в Институте сельского хозяйства Кабардино-Балкарского НЦ РАН на черноземе обыкновенном карбонатном с 1948 г. – опыт № 037 Геосети опытов с удобрениями – и с 1979 г. – опыт № 082 Геосети – определены основные изменения, которые происходят с показателями почвенного плодородия и продуктивностью пашни при сельскохозяйственном использовании под действием длительного применения разных систем удобрения в орошаемых и богарных (неорошаемых) севооборотах, произведена оценка эффективности систем удобрения в условиях богарного и орошаемого земледелия.

В контрольном варианте (вариант 1) опыта 1948 г. в условиях естественного увлажнения без применения удобрений содержание гумуса за 30 лет проведения опыта к 1979 г. уменьшилось на 0,75 % от исходного содержания 3,55 % [2]. В дальнейшем отмечали его небольшие изменения в разные годы исследований на уровне 2,71–2,82 % (НСР₀₅ – 0,23 %). Дефицит гумуса в 0–20 см слое почвы при этом составлял 19,0–21,8 т/га. До конца третьей ротации севооборота (1979 г.) наблюдали также уменьшение содержания доступных форм элементов питания в почве контрольного варианта, ухудшение водно-физических свойств. В последующие годы исследований изменения были незначительными. Продуктивность 1га севооборота в этом варианте в седьмой ротации (2010–2018 гг.) составила 18,7 ц з.е., при средней продуктивности за предыдущие 40 лет (1970–2009 гг.) 16,0 ц з.е.

Рекомендуемая минеральная система удобрений (N₆₉P₆₃K₄₅ – вариант 2) не решала проблему сохранения плодородия почвы даже в неорошаемом севообороте, хотя и повышала урожайность культур в 1,5–1,8 раз по сравнению с контролем без удобрений и обеспечивала продуктивность севооборота в среднем за 40 лет (1970–2009 гг.) 25,7 ц з.е./га, в седьмой ротации (2010–2018 гг.) – 32,2 ц з.е. При этой системе удобрения содержание гумуса в почве, по сравнению с исходной величиной – 3,55 %, уменьшилось и стабилизировалось в неорошаемой почве на уровне 3,04–3,10 %. В 2011 и 2016 гг. оно варьировало на том же уровне: 3,08–3,12 %, дефицит органического вещества составил 13,0–13,3 т/га, в севообороте отмечался отрицательный баланс азота (–9кг/га) и калия (–43кг/га) и положительный – фосфора (+ 30кг/га). При этом содержание нитратов в 100 г

почвы возросло более чем в 3 раза, подвижного фосфора – более чем в 4 раза и доступного калия – на 123–135 мг/100г почвы.

Через 30 лет проведения опыта бездефицитный баланс гумуса в неорошаемой почве, а также положительный баланс азота, фосфора и нулевой – калия обеспечил применение органоминеральной системы удобрения (навоз, 8т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$ – вариант 3). Содержание гумуса в почве этого варианте в 1979 г. составило 3,65 % (при исходной величине 3,55 %), баланс $N + 1\text{кг/га}$, $P_2O_5 + 36\text{кг/га}$, $K_2O - 0$ [2]. Произошли положительные изменения других показателей плодородия почвы: существенно улучшились её водные и физические свойства, увеличилось количество структурных агрегатов, водопрочность, уменьшилась плотность сложения, возросло содержание доступных элементов питания. За 69 лет проведения опыта сформировалась тенденция к увеличению содержания гумуса при этой системе удобрения, в последние годы оно определялось на уровне 3,60–3,68 %.

Таким образом, было установлено, что рекомендуемая органоминеральная система удобрения (навоз, 8т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$) сохраняла плодородие неорошаемого чернозёма обыкновенного карбонатного и способствовала его воспроизводству. При этом урожайность культур богарного севооборота, как и его продуктивность, зависели от климатических показателей года, увеличиваясь от сухих к влажным годам в 2,3–2,5 раза.

При орошении такая система удобрения для сохранения и повышения почвенного плодородия оказалась явно недостаточной. В конце 3-й ротации севооборота (1979 г.) было установлено, что дефицит гумуса при применении рекомендуемой органо-минеральной системы (навоз, 8т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$) в орошаемых условиях составлял 9,0–9,5т/га, отмечался отрицательный баланс азота (-39кг/га , и калия (-42кг/га) в почве, лишь баланс фосфора был равен 0 [3]. Средняя продуктивность орошаемой пашни при такой системе удобрения составляла 48,9 ц з.е./га.

Изменения содержания гумуса и основных агрохимических показателей чернозема обыкновенного, а также баланс питательных веществ за третью ротацию севооборота показали, что в условиях орошения дефицит азота является определяющим фактором повышения продуктивности культур севооборота и плодородия почвы. Исследованиями в опыте было установлено, что 33 % выноса азота культурами неорошаемого севооборота при применении органо-минеральной системы удобрений, сохраняющей плодородие почвы, обеспечивалось азотом, содержащимся в полуперепревшем навозе [3]. С учетом этого были рассчитаны балансовым методом органо-минеральная (навоз, 15 т/га + $N_{87}P_{36}K_7$) и минеральная ($N_{141}P_{68}K_{60}$) системы удобрения, запланированные на продуктивность севооборота 50–53 ц.з.е./га и сохранение и воспроизводство плодородия чернозема обыкновенного карбонатного в орошаемых условиях. Обе системы удобрения были введены в схему опыта путем расщепления делянок и с 1986 года изучались в нем.

Применение расчетной органо-минеральной системы удобрения (навоз, 15т/га + $N_{87}P_{36}K_7$ – вариант 8) в орошаемых условиях с 1986 до 1996 увеличило содержание гумуса до уровня исходной величины и с 1996 г. обеспечивало его бездефицитный баланс в почве. Улучшились водные, физические и агрохимические свойства почвы. Среднегодовая продуктивность севооборота за 3 ротации (1986–2009 гг.) в этом варианте составила 52,7 ц з.е./га, что соответствовало планируемой продуктивности. В 7-ой ротации севооборота (2010–2018 гг.) продуктивность равнялась 56,4 ц з.е./га, что обусловлено благоприятными климатическими показателями лет исследований и возделыванием более продуктивных новых районированных гибридов и сортов культур севооборота. За 31 год применения расчетной минеральной системы удобрения ($N_{141}P_{68}K_{60}$ – вариант 7) при орошении (с 1986 по 2017 гг.) потери гумуса в почве уменьшились в 2,0 раза – с 18,0 т/га до 9,6 т/га, что свидетельствовало о восстановительных процессах, происходящих в агросистеме [4, 5]. Продуктивность севооборота при данной системе удобрения возрастала. В среднем за 5 и 6 ротации она составляла 48,1, за 8 лет 7-й ротации - 49,5 ц з.е./га. Содержание гумуса в почве стабилизировалось на более высоком уровне – 3,18–3,20 % в 7-й ротации по сравнению с его содержанием в 3-й и 4-й ротациях – 3,00–3,04 %.

При применении рекомендуемой минеральной системы удобрения (вариант 5) – $N_{69}P_{63}K_{45}$ – содержание гумуса в орошаемой почве уменьшилось за первые 20 лет проведения опыта с 3,55 % до 2,70–2,80 %, стабилизировавшись на этом уровне в течение последующих 10 лет. С конца 3-й ротации по настоящее время отмечали постепенное увеличение содержания до 3,00–3,04 %. Такое почвенное плодородие обеспечивало среднюю продуктивность севооборота за 48 лет исследований – с 1979 по 2016 гг. – 45,5 ц з.е./га. Применение рекомендуемой органо-минеральной системы удобрения в варианте 6 – навоз 8 т/га + $N_{44}P_{42}K_{24}$ – не сохраняло исходное содержание гумуса в орошаемой почве, через 30 лет исследований оно равнялось 3,20 %. С 1979 по 2009 гг. фиксировали его сезонные изменения. Лишь после 2009 г. отмечено достоверное увеличение его содержания до 3,28 – 3,31 %. Средняя продуктивность пашни при такой системе удобрения составляла 48,9 ц з.е./га.

Исследованиями установлено, что на черноземах обыкновенных степной зоны Кабардино-Балкарской Республики для получения среднегодовой продуктивности зернотравянопропашного севооборота 50–53 ц.з.е./га и воспроизводства плодородия почвы в условиях орошаемого земледелия следует применять расчетные минеральную ($N_{141}P_{68}K_{60}$) и органо-минеральную (навоз, 15 т/га + $N_{87}P_{36}K_7$) системы удобрения, которые обеспечивали урожайность зерна озимой пшеницы – 48–53, кукурузы – 69–73, семян подсолнечника – 24–27, сена люцерны – 104–115 ц/га при хорошем качестве продукции. Это должно сочетаться с введением в структуру севооборота 20 % многолетних бобовых трав (люцерна) при соблюдении соотношения пропашных культур и культур сплошного сева 50:50. Такая агросистема за 9–13-летний период способна восстанавливать исходное содержание гумуса, улучшать агрофизические и агрохимические свойства почвы и являться для конкретных условий оптимальной системой удобрения.

Органические удобрения, являясь основой воспроизводства плодородия почвы, служат источником элементов питания для растений, а также резервом энергии в протекающих биологических и почвообразовательных процессах. Усредненные показатели минерализации гумуса для Кабардино-Балкарской Республики составляют под зерновыми культурами 0,7 т/га, под пропашными культурами – 2,4 т/га, под парами – 2,8 т/га, под многолетними травами потери органического вещества приравниваются к нулю. В условиях орошения эти показатели увеличиваются в 1,4–1,5 раза. Восполнение потерь органического вещества в почвах происходит в основном за счет корневых и пожнивных остатков сельскохозяйственных культур и внесения различных видов органических удобрений. При существующих уровнях урожайности в Кабардино-Балкарии объемы восполнения потерь гумуса за счет пожнивных и корневых остатков составляют под зерновыми культурами 0,3–0,5 т/га, под многолетними травами – 0,8 т/га. Дефицит, не восполненный растительными остатками, необходимо компенсировать внесением органических удобрений, используя для этого все возможные источники органического вещества. Помимо навоза, из альтернативных агротехнических приемов, направленных на повышение плодородия почвы и продуктивности культур, актуальное значение имеют применение сидератов и измельченной соломы зерновых культур на месте их произрастания, которые являются малозатратными и менее энергоемкими способами пополнения органического вещества и естественными биологическими источниками поступления питательных веществ в почву.

Сидеральные культуры накапливают подвижные элементы питания, сохраняют их от физико-химического закрепления, вымывания и других потерь. Они преобразуют и делают доступными для растений питательные вещества почвы, в том числе из труднорастворимых соединений, а также элементы питания, которые были внесены ранее с органическими и минеральными удобрениями, с растительными остатками. Надземная биомасса соломы зерновых культур (солома и пожнивные остатки озимой пшеницы, листостебельная масса кукурузы) также является естественным биологическим источником поступления питательных веществ в почву. Увеличение производства зерна сопровождается увеличением выхода соломы, которая в среднем в 1,1–1,2 раза превышает сбор зерна. Солома содержит 13–15 % воды и 85–87 % органического вещества, ценного для повышения плодородия почвы. Так, одна тонна соломы по содержанию органического вещества и элементов питания равноценна 2–3 тоннам навоза. В вариантах опыта с 4,0–4,5 т измельченной и запаханной соломы поступало в почву в среднем на 1 га 35–40 кг азота, 15–18 кг фосфора, 45–50 кг калия, с 6,0–7,5 т листостебельной массы кукурузы – 48–56 кг азота, 22–25 кг фосфора и 96–108 кг калия [6]. В качестве сидерата в опыте высевали яровой или озимый рапс, редьку масличную, которые ко времени заделки формировали большой урожай вегетативной массы – в среднем 32,2–33,6 т/га вместе с корневыми остатками, что соответствовало 7,6–8,1 т/га сухого вещества. При заделке биомассы сидерата в почву поступало в среднем 130–140 кг азота, 50–53 кг фосфора и 165–180 кг калия.

Альтернативные технологии не требуют полного отказа от минеральных удобрений, а предусматривают сочетание биологических ресурсов, в частности, органических удобрений и растительных остатков с агрохимическими средствами, что и было предметом изучения в опыте 1979 года.

Исследованиями в опыте 1979 г. установлено, что в контрольном варианте 1 – без удобрений исходное содержание гумуса 3,33 % уменьшилось до 2,68–2,72 % к 1995–1999 гг. и в последующие годы варьировало на этом же уровне. В почве контрольного варианта произошло уменьшение содержания нитратов на 15,6–22,7 %, подвижного фосфора – на 16,5–24,6 %, доступного калия – на 3,6–6,8 %. С конца 2-й ротации (1999 г.) содержание элементов питания в почве контрольного варианта изменялось незначительно. Установлено также, что применение только органических удобрений в севообороте в вариантах опыта: навоза – 10 т/га (3 раза за ротацию под пропашные культуры – кукурузу, подсолнечник – по 33 т/га), возделывания и заделки сидератов (после озимой

пшеницы), заделки в почву соломы озимой пшеницы и листостебельной массы кукурузы на месте их произрастания способствовало сохранению гумуса в почве на уровне исходной величины.

Применение совместно с органическими удобрениями рекомендуемых под культуры норм минеральных удобрений ($N_{60-90}P_{60-90}K_{40-60}$) обеспечивало положительный баланс гумуса и достоверно увеличивало его содержание – на 5,1–9,6 %. В среднем за 8 лет 4-й ротации (2010–2017 гг.) урожайность культур в опытном севообороте в этих вариантах составила: озимой пшеницы – 4,9–5,6, кукурузы – 6,9–7,6, подсолнечника – 2,4–2,9, гороха – 3,3–3,9 т/га. Обогащение почвы органическим веществом в сочетании с минеральными удобрениями наряду с улучшением плодородия почвы увеличивало продуктивность 1 га севооборотной площади на 27–30 %, применение минеральных удобрений – на 16–17 %.

В современных условиях наибольший интерес представляет запашка измельченной соломы и листостебельной массы кукурузы на месте их произрастания и возделывание, и заделка сидератов совместно с минеральными удобрениями. Так, при заделке растительной массы совместно с рекомендуемой нормой минеральных удобрений произошло увеличение доступных форм элементов питания и прослеживалась тенденция к увеличению содержания гумуса в почве. При запашке растительных остатков и сидератов с 1/2 и 1/3 нормы минеральных удобрений урожайность культур по сравнению с рекомендуемой нормой уменьшалась на 6–10 %, содержание гумуса сохранялось на уровне исходной величины. Исследованиями по выявлению эффективности рациональных альтернативных биологизированных приемов возделывания сельскохозяйственных культур на плодородие чернозема обыкновенного карбонатного и продуктивность культур установлено, что внесение рекомендуемой нормы минеральных удобрений в сочетании с органическими удобрениями: навозом, соломой и сидератами обеспечивало воспроизводство плодородия почвы, высокую урожайность и качество культур севооборота, а применение 1/2 и 1/3 от рекомендуемых норм (в среднем за год по севообороту это составляет $N_{45-30}P_{50-33}K_{25-18}$) совместно с органическими удобрениями способствовало сохранению почвенного плодородия.

Основным показателем эффективности применяемых удобрений являлась окупаемость вносимых удобрений получаемой продукцией. Без орошения окупаемость 1 кг питательных веществ удобрений невысока: 4,1–6,7 кг з.ед., возрастала она лишь в благоприятные по климатическим условиям годы. Окупаемость вносимых удобрений в орошаемых севооборотах в 2,5–3,0 раз больше. При систематическом применении рекомендуемых норм она возрастала до 15,4–18,0 кг з.е. на 1 кг д.в. удобрений, при использовании расчетных систем, в связи с увеличением количества вносимых удобрений на 50–52 %, окупаемость 1 кг д.в. составляла 12,1–12,8 кг з.е. В опыте 1979 г. окупаемость 1 кг д.в. удобрений равнялась 9,8–12,2 кг з.е.

Исследованиями в стационарных опытах установлено, что длительное применение разных систем удобрения в условиях богарного и орошаемого земледелия формирует определенные уровни почвенного плодородия чернозема обыкновенного, обеспечивающие в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур заданного количества и качества при высокой окупаемости применяемых удобрений. Знание этого можно использовать для разработки стратегии получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур заданного количества и качества в конкретных природно-климатических зонах при наибольшей экономической выгоде и экологической безопасности производства, а также для сохранения и воспроизводства плодородия почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесланеев, С. М. Совершенствование агрохимической службы в Кабардино-Балкарии / С. М. Бесланеев, В. Б. Хамуков. – Нальчик, 2008. – С. 49–97.
2. Бижоев, В. М. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы, баланс питательных веществ и продуктивность севооборота в степной зоне Кабардино-Балкарской АССР / В. М. Бижоев // Агрохимия. – 1988. – № 5. – С. 37–44.
3. Бижоев, В. М. Обоснование оптимальной системы удобрения в зернотравянопропашном севообороте на чернозёме обыкновенном при орошении в степной зоне Центрального Предкавказья: автореферат дисс... д-р с.-х. наук / В. М. Бижоев. – Владикавказ, 2006. – 48 с.
4. Лифаненкова, Т. П., Бижоев Р. В, Бижоев М. В. Мониторинг плодородия чернозёма обыкновенного при длительном орошении и применении систем удобрения в агроландшафтном земледелии Кабардино-Балкарии // Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации (к 70- летию Геосети). Москва. – 2011. – С. 352–368.
5. Лифаненкова, Т. П. Влияние систематического применения удобрений в условиях богары и при длительном орошении на урожайность культур, продуктивность зернотравянопропашного севооборота и плодородие чернозема обыкновенного карбонатного в агроландшафтном земледелии Центрального Предкавказья / Т. П. Лифаненкова, Р. В. Бижоев // Агрохимия. – 2018. – № 4. – С. 3–17.
6. Лифаненкова, Т. П. Управление плодородием орошаемого чернозема обыкновенного при использовании биологических ресурсов / Т. П. Лифаненкова. – Нальчик: ООО «Полиграфсервис и Т». – 20 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

Ю. А. МАЖАЙСКИЙ, д-р с.-х. наук, профессор,
О. В. ЧЕРНИКОВА, канд. биол. наук,
Академия ФСИН России, г. Рязань, Россия

В конце XX-го–начале XXI-го веков значительные площади пахотных земель России выводятся из сельскохозяйственного оборота в залежь. В настоящее время она представляет собой массивы, которые заняты травянистой растительностью, постепенно зарастают кустарником и малоценным мелколесьем [1].

Проблема бросовых сельскохозяйственных угодий является чрезвычайно сложной, многогранной и актуальной задачей. А плодородие залежных почв, в широком смысле слова, представляет собой интегрирующий системный показатель почвенных процессов и свойств с заложенным в нем результатом естественной и антропогенной эволюции [2].

Ландшафты, как пространственно-временные образования характеризуются сочетанием изменчивости и устойчивости. Любое внешнее воздействие на ландшафт вызывает цепь изменений в локальном гидрогеохимическом потоке. Выведение из сельскохозяйственного оборота (агроценоза) пашни происходит деградация структурного состояния почв, которая связана с зарастанием ее сорной растительностью, кустарником [3, 4].

Схема лизиметрического опыта предполагала исследование сравнительной эффективности навоза (60 т/га), соломы (20 т/га + N₄₀) и минеральных удобрений (N₄₀P₂₄₀K₂₄₀) на серой лесной, дерново-подзолистой почвах и черноземе. Эти лизиметры с почвами не использовались с 1996 года и заросли кустарником.

Местные органические удобрения и промышленные минеральные удобрения по-разному влияли на плодородие почвы. Значительные положительные изменения наблюдались на черноземе, где резко повысилась концентрация аммонийного (14,9–26,1 мг/кг), нитратного (3,29–8,98 мг/кг) азота. Несколько меньшие изменения отмечены на серой лесной почве, соответственно 5,30–11,7 мг/кг и 1,02–3,24 мг/кг. В дерново-подзолистой почве процесс аммонификации и нитрификации проходили слабее.

Итак, азотный компонент питания наиболее значительно увеличился на черноземе от минеральных удобрений, внесенных в запас N₄₀P₂₄₀K₂₄₀, на серых лесных и дерново-подзолистых почвах от использования соломы 20 т/га (табл. 1).

Таблица 1. Влияние удобрений на агрохимические показатели исследуемых почв (лизиметрический опыт)

Варианты	рН _{вод.}	Гумус, %	N _{общ.} , %	N, мг/кг			P ₂ O ₅	K ₂ O
				NH ₄	NO ₃	сумма		
Исходная почва	7,1	2,54	–	–	–	–	20,6	–
Серая лесная	H80	6,7	2,85	0,111	5,3	2,45	7,75	20,7
	C20	6,8	3,05	0,107	13	3,24	16,24	23,5
	NPK	6,6	3,3	0,111	11,7	1,02	12,74	30,7
Исходная почва	6,6	2,52	–	–	–	–	18,7	–
Дерново-подзолистая	H80	6,8	1,50	0,106	4,7	0,21	4,91	16,4
	C20	6,8	1,95	0,106	11,7	0,81	12,51	19,6
	NPK	7,1	1,30	0,105	н/о	0,21	0,21	12,3
Исходная почва	6,9	4,12	–	–	–	–	30,1	–
Чернозем	H80	6,2	15,4	0,106	17,1	3,71	20,81	22,5
	C20	6,0	10,5	0,108	14,9	3,29	18,19	21,0
	NPK	6,3	15,1	0,105	26,1	8,98	35,08	16,5

Содержание подвижных фосфатов на всех почвах до внесения удобрений было практически высоким. Внесенные удобрительные средства значительно увеличивали запасы усвояемого фосфора в почвах. Особенно большое повышение его отмечено на серой лесной почве от навоза, на дерново-подзолистой – от минеральных удобрений и навоза. На черноземе, где фосфатный режим характеризовался очень высоким содержанием подвижного P₂O₅, произошли незначительные изменения от органических форм удобрений.

В почвах, в содержании гумуса, произошли изменения от всех видов удобрительных средств. Изменения в образовании гумуса чернозема трудно поддаются объяснению, требуются дополнительные исследования, определено его содержание 5 % – 15,4 %. Тем более, что лизиметры не только были заросшими кустарником, но и залиты водой, там селились мышевидные грызуны.

Исходный образец дерново-подзолистой почвы содержал 2,52 % гумуса, а после удаления кустарника вероятно небольшой гумусовый горизонт сильно пострадал от культуртехнических работ. На дерново-подзолистой почве использование мелиорирующих средств не повлияло на накопление гумуса до природного уровня. Содержание его было низким 1,30–1,95 %.

Метеоусловия во время вегетации горохо-овсяной смеси по периодам развития были неоднозначными, да и поверхность почв была плохо выравнена. Поэтому полевая всхожесть гороха была плохая. На рядках к моменту уборки растений гороха было от 2 до 5 штук. Всходы овса были расчетные, но развитие затягивалось. Тринадцатого июля провели укос и промер высоты растений. Выяснено, что горох более интенсивно рос на черноземе и серой лесной, а овес – на дерново-подзолистой почве (табл. 2).

После уборки зеленой массы горохо-овсяной смеси в засушливые периоды всходы клевера поливали водой. В тоже время овес стал отрастать, клевер интенсивнее стал развиваться. Поэтому провели второй укос.

При сравнении действия исследуемых удобрений на разных типах почв, в первый год изучения возможно заключить, что минеральные удобрения на всех типах почв имеют равную эффективность, изменения в урожайности ниже существенной разности. Максимальный урожай зеленой массы получен от навоза (262,7 ц/га) и соломы (238,1 ц/га) на дерново-подзолистой почве. Эффективность действия соломы возможно расположить в следующий убывающий ряд: дерново-подзолистая > чернозем > серая лесная почвы (238,7 ц/га, 216,5 ц/га, 153,9 ц/га соответственно).

Таблица 2. Сравнительная динамика высоты гороха, овса на почвах, выведенных из сельскохозяйственного оборота

Варианты		Культура	Средняя высота растений, см		
			15.05	24.05	13.06
Серая лесная	H80	горох	5,8±4,2	7,5±1,1	41,9±4,5
		овес	7,8±3,1	18,6±4,0	60,1±6,5
	C20	горох	7,4±1,1	7,5±1,0	35,3±14,0
		овес	6,2±1,0	18,9±2,7	48,2±4,5
	NPK	горох	4,5±0,8	13,3±1,4	50,0±35
		овес	8,9±1,8	20,2±6,1	55,2±7,1
Дерново-подзолистая	H80	горох	5,5±0,6	23,9±9,8	47,7±3,5
		овес	10,6±1,0	27,8±4,5	67,9±4,3
	C20	горох	3,8±1,1	10,1±2,7	27,3±7,7
		овес	7,3±1,2	22,3±3,2	63,5±4,1
	NPK	горох	6,5±1,3	25,3±9,8	33,3±14,3
		овес	8,3±1,0	34,4±4,8	76,2±7,1
Чернозем	H80	горох	5,0±0,9	10,5±3,5	41,2±12,4
		овес	8,7±0,8	33,0±2,4	55,9±8,3
	C20	горох	5,1±1,0	14,3±4,3	53,0±13
		овес	10,2±0,9	26,5±4,5	56,5±3,5
	NPK	горох	5,0±1,1	9,6±5,4	40,6±20,0
		овес	8,0±1,5	21,6±5,5	59,9±8,8

Если рассматривать этот вопрос по укосам, то навоз по эффективности лидирует на дерново-подзолистой почве (1-й укос – 188,5 ц/га; 2-й укос – 74,2 ц/га). Солома в первом укосе имеет практически равные урожаи на черноземе (162,3 ц/га) и дерново-подзолистой (159,9 ц/га) почве, во втором укосе более высокий урожай получен на дерново-подзолистой почве (78,1 ц/га) (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительная эффективность навоза, соломы и минеральных удобрений на разных типах почв, вновь введенных в сельскохозяйственный оборот (зеленая масса, ц/га)

Варианты		Урожай, 1 укос			Урожай, 2 укос			Сумма		
		повтор.		средний	повтор.		средний	повтор.		средний
		1	2		1	2		1	2	
Серая лесная	H80	162,0	157,9	160,0	67,0	66,7	66,9	229,0	224,6	226,8
	C20	106,2	77,9	92,1	60,0	63,5	61,8	166,2	141,6	153,9
	NPK	114,0	128,0	121,0	67,9	73,8	70,9	181,8	201,8	191,9
Дерн-подзол.	H80	191,2	185,8	188,5	75,6	72,7	74,2	266,8	258,5	262,7
	C20	157,0	162,8	159,9	81,2	75,0	78,1	238,3	237,8	238,1
	NPK	150,3	168,3	159,3	40,0	44,0	42,0	190,3	215,3	201,3
Чернозем	H80	168,1	181,8	175,0	47,1	28,6	38,2	215,2	211,3	213,3
	C20	144,7	129,9	162,3	70,1	88,2	54,2	214,8	218,1	216,5
	NPK	141,4	159,4	150,4	38,8	32,8	35,8	180,2	192,2	186,2
НСР _{0,95}				26,4			11,7	m = 3,62 %		24,7

Итак, все изучаемые удобрительные средства наиболее эффективны на вновь введенной в земледельческий оборот дерново-подзолистой почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановский, И. Н. Роль органических удобрений в плодородии дерново-подзолистых почв и урожайности сельскохозяйственных культур: автореф. док. дисс. – Тверь, 1995. – 40 с.
2. Кутузова, А. А. Как не допустить превращения залежи в бросовые земли / А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, Д. Н. Лебедев // Земледелие, 2007. - №5. – С. 2 – 3.
3. Войтович, Н. В. Плодородие почвы Нечерноземной зоны и его моделирование / Н. В. Войтович. – М.: Колос, 1997. – 388 с.
4. Сычев, В. Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В. Г. Сычев. – М., 2000. – С. 5–9.

УДК 631.445.24

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПАСОВ ГУМУСА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

М. А. МАЗИРОВ, д-р биол. наук, профессор,
Н. С. МАТЮК, д-р с.-х. наук, профессор,
В. Д. ПОЛИН, канд. с.-х. наук, доцент
РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева,
г. Москва, Россия

Под действием природных и антропогенных факторов почва, как сложная биохимическая система, изменяет все топоморфологические признаки, присущие данному типу почвообразования, стремясь к равновесному агроэкологическому состоянию с климатической нормой и биоценозом, развитым на ней. Показателем высокой экологической устойчивости почвенного покрова является замкнутость биологического круговорота веществ в биоценозе и низкая степень абиотичности почвы, определяющих его реакцию на изменение условий воздействия внешних факторов [1].

Экологические функции почв выражаются определенными количественными и качественными параметрическими характеристиками, отражающими изменения гумусового состояния почвенного покрова, направленность биохимических процессов превращения и аккумуляции органического вещества и элементов питания, экологической устойчивости и энергетической емкости различных агроэкосистем [2].

Из-за нарушения сбалансированности биологического круговорота веществ за счет отчуждения макро- и микроэлементов с урожаем падает производительная способность почв в агроценозах, а следовательно, и их энергетическая емкость. Из разнообразия агроэкологических функций почв можно выделить ограниченное число важных прямых и обратных связей между почвой и внешней средой, а также между отдельными компонентами внутри почвы, важнейшим из которых является содержание и запасы гумуса. Гумусовые вещества являются энергетическими агентами, обеспечивающими растения питательными веществами, поэтому потери гумуса могут служить интегральным показателем деградации почвенного покрова и изменения энергоемкости агробиогеоценозов [3].

Исследования проводились в 2012–2015 гг. в Длительном полевом опыте РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, заложенном в 1912 г. профессором А. Г. Дояренко.

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая старопашотная сформировалась на неоднородной супесчаной и суглинистой морене.

Объектами наших исследований являлись агроэкосистемы, различающиеся по продуктивности, соотношению вложенной и отчужденной антропогенной субсидии:

деградированные – поле 102-летнего чистого пара без удобрений и извести с содержанием органического углерода на уровне квазиравновесного состояния, обеспеченного гранулометрическим составом (0,5–0,6 % $C_{орг}$); и очень низкими запасами гумуса (36,6 т/га) с соотношением энергии, накопленной сорной растительностью к потерям энергии при минерализации гумуса как 1:9. Продуктивность 3,2 тыс. МДж;

экстенсивные – монокультуры яровых зерновых, технических (лен) и пропашных культур (картофель) на фоне без удобрений и извести с содержанием $C_{орг}$ 0,8–0,9 %, запасами гумуса 56,2 т/га и соотношением поступившей энергии с растительными остатками к отчужденной с минерализацией гумуса, основной и побочной продукцией как 1:2. Продуктивность 55,9 тыс. МДж;

интенсивные – севооборотные участки с биоразнообразием сельскохозяйственных растений с 1950 г. после 38-летнего чистого пара на фоне внесения $N_{100}P_{150}K_{120}$ и 20 т/га навоза ежегодно с соотношением поступившей энергии с растительными остатками, минеральными и органическими удобрениями к ее потерям за счет минерализации гумуса и отчуждению с основной и побочной продукцией как 1:1,7. Содержания $C_{орг}$ 1,2–1,3 %, и запасами гумуса в пахотном слое 66,7 т/га. Продуктивность 101,3 тыс. МДж.

Наши исследования в агроэкосистемах Длительного опыта Дояренко-Прянишникова показали, что длительное (более 100 лет) воздействие природных и антропогенных факторов приводило к изменению направленности биохимических процессов превращения органического вещества в сторону его минерализации, что обусловило снижение содержания органического углерода в зависимости от способа использования пашни на 0,49 % в деградированных, 0,21 % в экстенсивных и 0,12 % в интенсивных агроэкосистемах. Наибольшие потери углерода (0,23 %) отмечали в деградированных агроэкосистемах в первые два десятилетия после закладки опыта. В дальнейшем минерализация гумуса замедлялась при ежегодных потерях 0,05–0,06 % $C_{орг}$, стремясь к C_{min} (0,70 % $C_{орг}$), обеспеченного легкосуглинистым гранулометрическим составом.

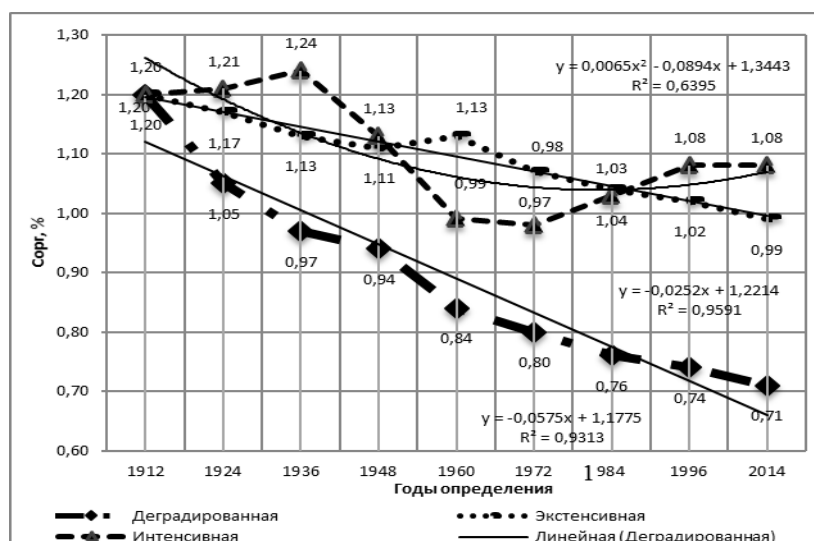


Рис. 1. Изменение содержания углерода ($C_{орг}$, %) в агроэкосистемах разной интенсивности

В экстенсивных агроэкосистемах минерализация органического вещества замедлялась, особенно в первые 50 лет их функционирования, и потери составляли 0,17 % $C_{орг}$. В дальнейшем изменение его содержания носило плавный убывающий характер и стабилизировалось на уровне 0,99 %.

В интенсивных агроэкосистемах в первые 25 лет функционирования Длительного опыта отмечалось незначительное колебание содержания органического углерода (1,21–1,24 %), что связано с внесением высоких доз (90 т/га навоза) перед закладкой опыта. В последующие 36 лет при внесении низких доз минеральных удобрений ($N_{30}P_{20}K_{30}$) отмечали закономерное снижение его содержания на 0,09–0,25 %. Повышение доз применения удобрений в 1972 году до $N_{100}P_{150}K_{120}$ и выращивание высокоурожайных сортов возделываемых культур в сочетании с использованием эффективных средств защиты растений увеличивало поступление растительных остатков в почву, что обусловило постепенное увеличение содержания органического углерода и его стабилизацию на 1,05–1,08 %.

В деградированных, экстенсивных и интенсивных агроэкосистемах независимо от уровня обеспечения элементами питания за более, чем 100-летний период, отмечается снижение содержания гумуса, особенно заметно на фоне внесения однокомпонентных (N, P, K) удобрений, где оно составило 0,91–1,18 % в деградированных, 0,28–0,42 % в экстенсивных и 0,41–0,61 % в интенсивных агроэкосистемах. Применение парного сочетания элементов питания (NP, NK и PK) несколько замедляло потери гумуса, а внесение полного минерального удобрения ($N_{100}P_{150}K_{120}$) стабилизировало их на уровне 0,25–0,45 %.

Другие закономерности отмечены нами в компромиссных (приближенных к естественным экосистемам) агроэкосистемах, где агробиогеноценоз представлен культурами с длительным вегетационным периодом (озимая рожь) и многолетними бобовыми травами (клевер), а процесс отчуждения азотосодержащих соединений сбалансирован с их поступлением с пожнивно-корневыми остатками. В данных агроэкосистемах незначительное снижение содержания гумуса 0,18–0,38 % отмечали лишь при раздельном внесении азота, фосфора и калия, а также совместном – азота и

фосфора. Другие фоны питания обеспечивали повышение содержания гумуса: на 0,08 % на фоне НК, 0,63 – на фоне РК, что связано с низким уровнем продуктивности, и на 0,99 % при совместном внесении NPK и навоза.

Таким образом, длительное воздействие природных и антропогенных факторов разной степени интенсивности на почвенный покров снижает продуктивность и экологическую устойчивость различных агроэкосистем по сравнению с естественными биогеоценозами. При этом динамика содержания углерода в деградированных агроэкосистемах имеет ярко выраженный убывающий характер в первые 25–30 лет, а в дальнейшем сглаживается, достигая экологического квазиравновесия (0,6–0,8 % $C_{орг}$), обеспеченного гранулометрическим составом.

Систематическое обогащение почвы в интенсивных и сверхинтенсивных агроэкосистем органическим веществом в дозе 17,4 т/га навоза и 2,5–3,2 т/га пожнивно-корневых остатков ежегодно замедляет процессы минерализации, обеспечивая стабилизацию содержания углерода на уровне 1,23–1,24 % $C_{орг}$, что соответствует его содержанию в компромиссных агроэкосистемах, представленных многолетними травянистыми биоценозами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матюк, Н. С. Мазиров М. А., Гогмачадзе, Г. Д. Кашеева Д. М. Экологические функции гумуса в оптимизации плодородия дерново-подзолистой почвы / Н. С. Матюк, // АгроЭкоИнфо. – 2011. – № 2. – С. 12.
2. Гогмачадзе Г. Д., Матюк Н. С., Полин В. Д., Коваленко Е. В. Изменение количественных и качественных характеристик состояния органического вещества // АгроЭкоИнфо. – 2015. – № 6. – С. 1.
3. Matyuk, N. S. Mazirov M. A. Arefeva V. A., Polin V. D. Transformation of upper part soil profile of sod-podzolic light loamy soils under the conditions of long-term soil improvement // Eurasian Journal of Soil Science). – 2013. – №9. – P. 378–384.

УДК 631.452

ВЛИЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ УДМУРТИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЕЛЬ АО «УЧХОЗ ИЮЛЬСКОЕ ИЖГСХА»)

В. И. МАКАРОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
А. Н. ИСУПОВ, канд. с.-х. наук, доцент
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА,
г. Ижевск, Российская Федерация

Забота о сохранении и повышении плодородия почв является важнейшей обязанностью сельскохозяйственных производителей. Дерново-подзолистые почвы, наиболее распространенные на территории Удмуртской Республики, обладают низким потенциальным плодородием [1]. Эрозионные процессы и недостаточный уровень проведения мелиоративных и агрохимических работ сопровождается дегумификацией и агроистощением земель [2, 3]. Поэтому разрабатываемые и внедряемые в настоящее время адаптивно-ландшафтные системы земледелия предназначены, в первую очередь, для решения экологических проблем регулирования плодородия почв. Известно, что степень окультуренности почв существенно влияет на урожай сельскохозяйственных культур, его качество [4, 5]. Производство растениеводческой продукции в зональных технологиях должно базироваться на научно-обоснованной агроэкологической оценке земель, учитывать, в том числе, параметры влияния агрохимических свойств почв на продуктивность сельскохозяйственных растений.

Исследования по данной теме осуществлялись в 2014–2017 гг. в АО «Учхоз Июльское ИжГСХА» Воткинского района Удмуртской Республики. Для проведения агроэкологической оценки почв было выбрано пахотное угодье площадью 120 га, расположенное в первом полевом севообороте. Рекогносцировочными наблюдениями установлено, в южной и юго-западной частях поля происходит ускоренный смыв почвы даже при использовании почвозащитной системы земледелия. Крутизна склона составляет 3–5°. Почвенный покров представлен среднесмытыми дерново-подзолистыми легко- и среднесуглинистыми почвами. Северо-восточный склон более пологий (около 1°), слабо подвержен эрозионным процессам. Здесь располагаются слабосмытые дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы. На вершине увала имеются выходы оподзоленных дерново-карбонатных тяжелосуглинистых почв.

В 2018 г. на участке возделывался ячмень Раушан. Минеральные удобрения в форме аммиачной селитры в дозе N35 были внесены локально при посеве. Система обработки почвы в хозяйстве почвозащитная безотвальная.

На земельном участке были размещены 24 ключевые площадки (10×10 м). Учет биологической урожайности ячменя и отбор почвенных проб (0–20 см) провели 21 августа. Агрохимические анализы были выполнены по методикам, общепринятым для почв таежно-лесной зоны. В 2018 г. сложились неблагоприятные метеорологические условия – гидротермический коэффициент за вегетационный период ячменя составил всего 0,87.

Продуктивность сельскохозяйственных культур является самым информативным показателем степени окультуренности почв. На обследованном пахотном угодье биологическая урожайность ячменя варьировала от 86 до 394 г/м² (таблица).

Выявлена сильная пестрота плодородия почв по большинству исследованным агрохимическим показателям.

Связь урожайности ячменя с агрохимическими свойствами почв (АО «Учхоз Июльское ИжГСХА», 2018)

Показатель	Диапазон значений	V, %	Теснота связи по типу линии тренда		$\mu - r $
			линейная (r)	полиномиальная (μ)	
Биологическая урожайность, г/м ²	86–394	31,0			
pH солевой вытяжки, ед.	3,89–6,08	11,7	0,60	0,60	0,00
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	1,24–3,91	31,3	–0,39	0,40	0,01
Сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г	6,6–32,8	43,1	0,59	0,60	0,01
Степень насыщенности почв основаниями, %	63,8–96,0	8,8	0,59	0,60	0,01
Подвижный фосфор (0,2 н HCl), мг P ₂ O ₅ /кг	45–635	75,2	0,45	0,46	0,01
Легкорастворимый фосфор (0,01 М CaCl ₂), мг P ₂ O ₅ /кг	1,5–17,2	69,4	0,41	0,43	0,02
Обменный калий (0,2 н HCl), мг K ₂ O /кг	58–388	58,3	0,50	0,50	0,00
Легкорастворимый калий (0,01 М CaCl ₂), мг K ₂ O/кг	17–102	51,3	0,37	0,38	0,01
Гумус (C × 1,724), %	1,76–5,39	34,4	0,63	0,63	0,00
Индекс окультуренности (по Т.Н. Кулаковской), ед.	0,25–1,00	33,9	0,72	0,72	0,00
Нитраты, мгN/кг	3,5–10,1	30,3	0,11	0,14	0,03
Обменный аммоний, мгN/кг	21,4–46,0	20,0	–0,25	0,41	0,16
Доля обменного аммония, % от ЕКО	0,77–2,71	37,6	–0,65	0,70	0,05
Минеральный азот, мгN/кг	26,8–51,3	18,5	–0,20	0,37	0,17
Нитрификационная способность, мгN/кг × 7 сут.	4,8–53,7	71,1	0,17	0,25	0,08

Наиболее высокие значения коэффициента вариации установлены по содержанию в обрабатываемом слое пашни подвижных и легкорастворимых форм калия и фосфора (51,3–75,2 %). Уровень обеспеченности сельскохозяйственных культур на ключевых площадках изменялся от «низкого» до «очень высокого» [6]. Такой большой разброс значений показателей фосфатного и калийного состояния почв на одном поле севооборота свидетельствует о низком качестве проведенных агрохимических работ по повышению плодородия почв с использованием мелиорантов и удобрений.

Меньшие значения коэффициентов вариации установлены по физико-химическим показателям плодородия почв. Гидролитическая кислотность в почвах ключевых площадок изменялась в пределах только трех групп – от «низкого» до «среднего» уровня (1,24–3,91 ммоль/100 г) [6]. В то же время обменная кислотность почв, определенного в виде показателя «рН солевой вытяжки», варьировала от «очень сильнокислого» до «нейтрального» (3,89–6,08 ед. рН) [6]. Продуктивность сельскохозяйственных культур на сильнокислых почвах может быть ограничена высоким содержанием подвижного алюминия [3, 7].

Выявлен широкий диапазон значений содержания гумуса на исследованном пахотном угодье (1,76–5,39 %). Низкий уровень гумусированности связан наличием в почвенном покрове дерново-сильнопodzolistых легкосуглинистых почв, в которых активно протекают элювиальные процессы. Относительно высокое содержание гумуса установлено в дерново-карбонатных почвах, которые характеризуются более значимыми поглощательными свойствами, в том числе и в отношении органических веществ гумусовой природы.

Установлена существенная пестрота плодородия пахотного угодья и по показателям азотного состояния почв. Так нитрификационная способность почв на отдельных ключевых площадках изменялась с 4,8 до 53,7 мгN/кг (V = 71,1 %). В то же время содержание обменного аммонийного азота в этих почвах характеризуется большей стабильностью – коэффициент вариации составляет 20,0 %.

Агрохимические свойства почв прямо или косвенно влияют на питание растений, продуктивность сельскохозяйственных культур.

Наиболее тесная корреляционная связь (линейного типа) урожайности ячменя установлена с индексом окультуренности [4] ($r = 0,72$), содержанием в почвах гумуса ($r = 0,63$), Кпп ($r = 0,67$), обменного калия ($r = 0,50$), подвижного фосфора ($r = 0,45$). Доказано достоверное влияние на продуктивность ячменя физико-химических свойств почв: рН солевой вытяжки ($r = 0,60$), суммы поглощенных оснований ($r = 0,59$), степени насыщенности почв основаниями ($r = 0,59$). Близкие результаты были получены и в предыдущих исследованиях с ячменем и кукурузой [2, 8].

Рассчитанные коэффициенты корреляции указывают на недостоверность связи урожайности ячменя со многими исследованными показателями азотного состояния почв (содержание нитратов, минерального азота, нитрификационная способность).

Значения содержания в почвах ключевых площадок обменного аммонийного азота имеют отрицательную зависимость с урожайностью изучаемой культуры ($r = -0,20$). Эта связь более значима при расчете количества обменного аммония в почвах с учетом их емкости катионного обмена – коэффициент корреляции составил $-0,65$.

Следует отметить, что многие показатели азотного состояния почв имеют ярко выраженный нелинейный характер связи с урожайностью ячменя – разница между значениями коэффициента корреляции и корреляционного отношения составляет $0,03-0,17$. Причиной этого является сильное влияние кислотности почв на содержание в них различных форм азота. Так коэффициент корреляции рН солевой вытяжки с содержанием обменного аммония в почвах составляет $-0,42$, а корреляционное отношение – $0,63$ (при полиномиальном типе тренда).

Таким образом, плодородие почв пахотных угодий характеризуются существенной пространственной неоднородностью, вызванной ландшафтно-экологическими и антропогенными факторами. В условиях Удмуртской Республики урожайность ячменя наиболее сильно зависит от гумусированности почв, физико-химических свойств, содержания в них подвижных форм калия и фосфора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковриго, В. П. Почвы Удмуртской Республики: монография / В. П. Ковриго. – Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2004. – 490 с.
2. Макаров, В. И. Влияние водной эрозии на плодородие дерново-подзолистых почв и урожайность ячменя в ОАО «Учхоз «Июльское ИжГСХА» / В. И. Макаров // Сборник докладов научно-практической конференции с международным участием Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», 22 апреля 2016 г. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2016. – С.171–175.
3. Макаров, В. И. Агроэкологическая оценка почв СПК «Дружба» Дебесского района Удмуртской Республики / В. И. Макаров, А. Н. Иванов, А. А. Юскин // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. – Т.1 – С. 71–75.
4. Оптимальные параметры плодородия почв / под ред. Т. Н. Кулаковской. – М.: Колос, 1984. – 268 с.
5. Влияние адаптивной системы земледелия на продуктивность дерново-сильноподзолистых почв в условиях Среднего Предуралья / В. А. Капеев [и др.]. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2010. – 191 с.
6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
7. Карпова, А. Ю. Влияние различных систем удобрения на мобилизацию подвижного алюминия в дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья / А. Ю. Карпова, А. С. Башков, Т. Ю. Бортник, А. Н. Исупов, Г. П. Дзюин, А. Г. Дзюин // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Пермского НИИСХ: Том 1. – Пермь: 2013. – С. 249–258.
8. Шитова, А. Ф. Влияние агрохимических свойств дерново-подзолистых почв на урожайность кукурузы в АО «Учхоз Июльское ИжГСХА» / А. Ф. Шитова, В. И. Макаров // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Том 3. – Вологда–Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2018. – С. 82–87.

УДК 504.062.2(571.150)

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ ТРЕТЬЯКОВСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ С ЦЕЛЬЮ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ

С. В. МАКАРЫЧЕВ, д-р биол. наук, профессор,
С. А. ЧЕПУШТАНОВ, аспирант кафедры физики
ФГОУ ВО РФ «Алтайский государственный аграрный университет»,
г. Барнаул. Российская федерация

Под природно-ресурсным потенциалом понимается совокупность природных ресурсов и, прежде всего, почвенный покров или земельный фонд, который может быть использован в народном

хозяйстве. Природно-ресурсный потенциал региона включает следующие виды ресурсов: растительные, земельные, водные и климатические. Агроклиматический потенциал характеризуется тепло- и влагообеспеченностью территории [1]. Тепло- и влагообеспеченность вегетационного периода сельскохозяйственных культур определяют условия произрастания культур и формирования урожая. Немаловажное значение при анализе природно-ресурсного потенциала имеет также рельеф местности [2].

Цель работы – обоснование взаимосвязи природно-ресурсных показателей территории по ее пригодности к сельскохозяйственному использованию.

Методика исследований сводилась к тому, чтобы связать разные природно-ресурсные показатели на исследуемой территории по ее пригодности к сельскохозяйственному использованию и выработке соответствующих рекомендаций.

Согласно В. А. Безруких, показатели природно-ресурсного потенциала разделены на три группы: агроклиматические, агропочвенные и характеристики рельефа территории [3].

Периодом активной вегетации для большинства культур является средняя суточная температура воздуха выше +10 °C [4]. Рассматриваемая территория в достаточной мере обеспечена теплом. Средняя дата перехода температуры воздуха через +10 °C наблюдается 9 мая. Средняя продолжительность периода с температурой выше +10 °C составляет 138 дней.

По условиям теплообеспеченности в природно-сельскохозяйственном районировании земельного фонда на территории района выделены два пояса: холодный – менее 1600 °C, умеренный – более 1600 °C.

При теплообеспеченности менее 1600 °C на данной территории можно выращивать следующие сельскохозяйственные культуры: редис, репа, картофель, ячмень, пшеница, огурцы, помидоры. На территории, где теплообеспеченность колеблется в пределах 1600–1800 °C можно выращивать редис, репу, картофель, ячмень, пшеницу, огурцы, помидоры, просо, подсолнечник, сорго раннеспелое.

Таким образом, на данной территории наиболее приемлемыми культурами являются редис, репа, картофель, ячмень, огурцы, помидоры, кукуруза, горох, соя и пшеница. В западной части района появляется возможность выращивания проса, винограда и сорго раннеспелого.

По влагообеспеченности исследуемый район делится на 2 неравные части: западную и восточную (почти в 2 раза больше по территории). Западная часть района менее обеспечена, чем восточная. Это обусловлено осадками, объемом снежного покрова, содержанием воды в почвах, близостью грунтовых вод. Весной, во время массового сева, в метровом слое почвы содержится 125–150 мм продуктивной влаги, из них 30–40 мм в пахотном слое (табл. 2). На большей части территории в метровом слое почвы запасы продуктивной влаги составляют 150–175 мм, из них в пахотном слое – 40–50 мм [5].

В сентябре, после уборки урожая, в западной части района в метровом слое содержится 55–80 мм влаги, из них 10–20 мм в пахотном слое. На остальной части территории после уборки урожая в метровом слое остается 80–105 мм продуктивной влаги и 20–30 мм в гумусовом горизонте [5].

На данной территории суммарное водопотребление растениями колеблется в пределах 320–470 мм, из них 70 мм влаги теряется в почве в вегетационный период.

Оптимальная потребность растений в воде [3] рассчитывается по формуле: $Ворт = СВ \times 0,1$.

Расчеты показали, что она колеблется в пределах 47–32 мм/га.

Коэффициент увлажнения по И. И. Иванову может быть найдено как отношение: $K = R/E$, где R – количество осадков за вегетационный период;

E – испаряемость с водной поверхности, рассчитанная по формуле:

$E = 0,0018 \times (25 + T)^2 \times (100 - a)$, где T – средняя температура воздуха, a – средняя относительная влажность в процентах [4].

На исследуемой территории коэффициент увлажнения изменяется в пределах 2,2–4,8, что свидетельствует об избыточной увлажненности территории.

Степень увлажнения территории с учетом количества выпавших осадков и испаряемости характеризуется гидротермическим коэффициентом (ГТК) Г. П. Селянинова. ГТК определяется как отношение суммы осадков ΣP за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °C к сумме температур Σt° за тот же период, уменьшенной в 10 раз.

На территории района коэффициент ГТК изменяется от 2,5 до 1,6, что позволяет отнести исследуемую территорию к району с избыточно-влажным климатом.

Важной составляющей агропроизводственного потенциала территории являются почвы. В исследуемом районе сельскохозяйственные земли расположены на черноземах различных видов. При оценке почв учитывается бонитет почв, процент содержания гумуса, pH, содержание различных минералов [6].

Проведенная оценка позволила выделить следующие особенности почв: для них характерен недостаток фосфора и калия. Почвы имеют нейтральный pH (6,0–7,0). В них содержится 6–9 % гумуса.

Еще одним важным компонентом природно-ресурсного потенциала является рельеф территории. Основными характеристиками рельефа являются углы наклона поверхности, глубина и густота расчленения.

Для характеристики рельефа используется способ совмещенных коэффициентов расчлененности, предложенный Е. И. Альковой [7]. При оценке рельефа предгорий нами использованы общепринятые формулы определения коэффициентов как горизонтального, так и вертикального расчленения.

Для построения карты горизонтального (густота) расчленения рельефа рассчитывалось среднее расстояние между соседними понижениями рельефа в км. В результате была принята следующая градация: $R = 0,5-0,8$ км – сильное; $R = 0,8-1,2$ км – значительное; $R = 1,2-1,5$ км – среднее расчленение рельефа. При построении карты глубины расчленения рельефа учитывались максимальные превышения водоразделов от уровня воды. В результате было принято следующее: $h = 50-100$ м – мелкооврезанный; $h = 100-150$ м – средневрезанный; $h = 150-300$ м – глубокооврезанный; $h = 300-450$ м – очень глубоко врезанный рельеф [2–3].

Территория района по углам наклона поверхности имеет следующую градацию: поверхность равнины, поймы и террасы имеют угол наклона $< 5^\circ$. На данной территории отмечена незначительная эрозия. Ограничений для использования сельскохозяйственных машин нет. Данные земли допускаются использовать под пашни при умеренной распашке.

Мелкосопочник имеет угол наклона $5-15^\circ$. Здесь наблюдается значительная, в некоторых местах сильная эрозия. Использование крупных, тяжелых машин затруднено. Данную территорию рекомендуется использовать под пашни при поперечной вспашке или под пастбища с умеренным выпасом.

Угол наклона склонов гор и возвышенностей изменяется в пределах $15-30^\circ$. На данных землях существует очень сильная эрозионная опасность. Ограничено использование легких машин. Территорию можно использовать под лесопосадки, рекреационную деятельность. Склоны гор и возвышенностей, имеющих угол наклона более 30° , в сельскохозяйственном производстве не используются. Возможно обустройство рекреаций. Данные поверхности сильно эродированы, часто каменистые.

В результате проделанной работы на основе агроклиматических, почвенных потенциалов и характеристик рельефа была оценена благоприятность территории для сельскохозяйственного использования. При этом земли района были разделены на 4 зоны: наиболее благоприятные – пашни, благоприятные – пашни, малоблагоприятные – сенокосы, пастбища и неблагоприятные.

Наиболее благоприятные территории – среднерасчлененный мелко врезанный рельеф с углами наклона земной поверхности $< 5^\circ$. Преобладают слабонаклонные поверхности, удобные для размещения пашни. Здесь теплообеспеченность составляет $2000-2200^\circ\text{C}$. Основными почвенными подтипами являются черноземы обыкновенные и типичные среднегумусные среднемощные.

Благоприятные территории – средне и значительно расчлененный мелко и средне врезанный рельеф плоских водоразделов и днищ впадин с углами наклона земной поверхности до 15° . Распахиваются здесь водоразделы и пологие нижние части склонов, из-за чего начинает проявляться мелкоконтурность и возрастает необходимость применения специальной агротехники при обработке земли. Теплообеспеченность $1800-2000^\circ\text{C}$. Почвы представлены черноземами типичными и выщелоченными среднегумусными среднемощными.

Малоблагоприятные территории – значительно расчлененный средне и глубоко врезанный рельеф с углами наклона земной поверхности до 30° . Здесь практически нет площадей для пашни, преобладают пастбища и сенокосы на вырубках. Теплообеспеченность $1600-1800^\circ\text{C}$. Сформированы черноземы выщелоченные среднегумусные среднемощные.

Неблагоприятные территории – сильно расчлененный очень глубоко врезанный рельеф горных территорий с углами наклона земной поверхности $> 30^\circ$. Как правило, они располагаются на гипсометрических отметках $1000-1200$ м и более. Земледелие здесь затруднено. Возможно лишь лесохозяйственное, охотничье-промысловое и рекреационно-туристское природопользование. Почвы имеют горную зональность.

Авторами проведена оценка агропроизводственного потенциала (методика В. А. Безруких) сельскохозяйственных угодий. В оценке учитывались агроклиматические (тепло- и влагообеспеченность), почвенные (бонитет, гумусированность, pH, содержание минеральных элементов) потенциалы и характеристика рельефа (углы наклона поверхности, глубина и густота расчленения рельефа). Выделены четыре зоны для сельскохозяйственного использования: территории Третьяковского района Алтайского края.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Алтайскому краю. – Л.: Гидрометиздат, 1957. – 167 с.
2. Адаменко О. Н. Алтай / История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока // О. М. Адаменко, Е. В. Девяткин, С. А. Стрелков. – М., 1966. – С. 54–119.

3. Безруких, В. А. Агроприродный потенциал сельскохозяйственной зоны Приенисейской Сибири: опыт балльной оценки / В. А. Безруких // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. – 2009. – Т. 14, № 2. – С. 412–417.
4. Харламова, Н. Ф., Останин О.В. Прикладная климатология: методическое пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007. – 54 с.
5. Алтайский край. Атлас. Т. I. М. – Барнаул: ГУГК, 1978.
6. Бурлакова Л. М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза / Л. М. Бурлакова. – Новосибирск: Наука, 1984. – 297 с.
7. Алькова, Е. И., Агроприродный потенциал и формирование региональных систем землепользования Приенисейской Сибири / Е. И. Алькова, В. А. Безруких // Известия Русского географического общества. – 2010. – Т. 142, № 1. – С. 63–69.

УДК 631.467

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АГРОЦЕНОЗЫ С ПОМОЩЬЮ БИОИНДИКАЦИИ

В. Е. МАМЕЕВА, канд. с.-х. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»,
г. Брянск, Россия

Известно, что важную роль в формировании и поддержании плодородия почв играет сообщество почвенных микроорганизмов, которые являются необходимым звеном в круговороте всех биогенных элементов. Человек, в ходе своей сельскохозяйственной деятельности, вынужден применять самые разнообразные химические вещества, которые воздействуют на биоценозы почв. Знания механизмов таких воздействий, реакции почвенной биоты, их последствий, путей недопущения отрицательных влияний чрезвычайно важны [1, 4, 5].

Целью нашей работы является биоиндикация агроценозов с разной степенью антропогенной нагрузки с помощью представителей почвенной микрофауны в условиях Брянской области.

Исследования проводили в стационарном многолетнем опыте, на опытном поле Брянского ГАУ в посевах яровой пшеницы сорта Ирень с предшественником озимые зерновые. Опыт заложен В. М. Никифоровым по схеме, представленной в таблице 1 [2, 3].

Таблица 1. Схема опыта посевов яровой пшеницы:

Вариант опыта	
Вариант 1	Вариант 2
<u>Предпосевная обработка:</u> Винцит Форте (1,2 л/т) + Хелатный комплекс (1 л/т);	<u>Предпосевная обработка:</u> Винцит Форте (1,2 л/т)
<u>Обработка в фазу кущения:</u> Аксиал (1 л/т) + Линтур (0,13 кг/га)+ Актара (0,05 кг/га)+ Альто Супер (0,5 л/га)+ Оксанол Агро (0,2 л/га)+ Хелатный комплекс (5 л/га);	<u>Обработка в фазу кущения:</u> Аксиал (1 л/т) + Линтур (0,13 кг/га)+ Актара (0,05 кг/га)+ Альто Супер (0,5 л/га)+ Оксанол Агро (0,2 л/га)+ Подкормка аммиачной селитрой(N30)
<u>Обработка в фазу колошения:</u> Актара (0,05 кг/га)+ Альто Супер (0,5 л/га)+ Оксанол Агро (0,2 л/га)+ Хелатный комплекс (5 л/га)	<u>Обработка в фазу колошения:</u> Актара (0,05 кг/га)+ Альто Супер (0,5 л/га)+ Оксанол Агро (0,2 л/га)

Контролем служил необрабатываемый участок почвы по контуру исследованного поля. Объектами исследований являлись представители почвенной микрофауны – бактерии, актиномицеты, грибы. Отбор почвенных образцов осуществляли в тёплое время вегетационного периода по общепринятой методике. Затем производили засев почвенной суспензии на разные по составу твердые питательные среды – МПА (мясо-пептонный агар) и агаризованную среду Чапека-Докса методом Виноградского в пятикратной повторности. После инкубации засеянных чашек в термостате подсчитывали выросшие на твердой питательной среде колонии (табл. 2).

Таблица 2. Средняя численность колоний микроорганизмов, шт

Вариант опыта		Питательная среда	
		МПА	Среда Чапека
Контроль		18	18
Вариант 1	1.1	15	24
	1.2	24	15
Вариант 2	2.1	20	22
	2.2	29	20

Количественный подсчёт колоний микроорганизмов не позволяет сделать однозначный вывод о корреляции их численности с уровнем агрофона. Считается, что достоверные изменения происходят либо при применении очень высоких доз удобрений, либо при их длительном внесении, когда существенно меняются агрохимические показатели почвы. Таким образом, изменение общей численности почвенных микроорганизмов, недостаточно чёткий критерий для оценки степени антропогенных воздействий на агроценозы в виде внесения минеральных удобрений, да и направленность этих изменений не всегда можно рассматривать как однозначный положительный или негативный процесс. Поэтому требуется их видовая идентификация и определение принадлежности к разным систематическим и физиологическим группам. Это позволит определить роль представителей почвенной микрофауны в формировании почвенного плодородия и судить о точности данного метода [4, 5].

Для определения принадлежности микроорганизмов к разным систематическим и физиологическим группам из каждой чашки Петри готовили образцы методом мазка. Затем изучали полученные микропрепараты с помощью светового микроскопа.

Анализ микрообразцов в контрольном варианте опыта на двух изучаемых средах установил наличие естественной почвенной микрофлоры, характерной для серых лесных почв: почвенные бактерии шарообразной формы – стрептококки (*Streptococcus*) и стафилококки (*Staphylococcus*); палочковидные бактерии – клостридии (*Clostridium*) и актиномицеты (*Actinomicetes*) [4, 5].

Анализ микрообразцов в первом варианте опыта на двух питательных средах показал присутствие следующих групп микроорганизмов: монококки (*Monocoque*), диплококки (*Diplococcus*), стрептококки (*Streptococcus*), стафилококки (*Staphylococcus*), палочковидные бактерии бациллы (*Bacillus*), почвенные грибы рода фузариум (*Fusarium*) и пенициллиум (*Penicillium*). В то же время, частота встречаемости актиномицетов значительно снизилась – они были обнаружены лишь в одном представленном образце [4, 5].

В целом можно заключить, что антропогенное влияние на микроценоз почв первого варианта привело к увеличению биоразнообразия почвенных сапрофитов, а также способствовало развитию патогенных почвенных грибов, которые могут поражать растения, вызывая у них различные патологические явления – гниль корней, семян, плодов, а также общее угнетение и преждевременное увядание.

Микрообразцы второго варианта опыта содержали почвенные бактерии палочковидной формы клостридии (*Clostridium*); округлой формы – монококки (*Monocoque*); стрептококки (*Streptococcus*) и стафилококки. В образцах встречаются также актиномицеты (*Actinomicetes*) и грибы рода фузариум (*Fusarium*). Такое разнообразие почвенной микробиоты можно объяснить устойчивостью микробных систем к воздействиям минеральных удобрений – подкормка аммиачной селитрой (N_{30}), которую вносили во втором варианте эксперимента в фазу кущения.

Большинство препаратов, выращенных на среде Чапека – Докса, обнаруживают представителей почвенных миксомицетов – актиномицеты (*Actinomicetes*), а также представителей колоний кокков. Это можно объяснить тем, что минеральные удобрения, вносимые в умеренных дозах, активизируют жизнедеятельность микроорганизмов многих физиологических групп, что подтверждается анализом литературных источников [4,5].

Таким образом, был полностью подтверждён факт того, что почвенные микроорганизмы достаточно чутко реагируют на применение пестицидов и внесение минеральных удобрений и могут служить биоиндикаторами антропогенного воздействия на агроэкосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонова Н. В. Продуктивность зерновых бобовых культур в одновидовых и смешанных посевах с применением бактериальных препаратов / Н. В. Леонова, Т. В. Плешинец // Материалы VII международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». – Брянск: БГСХА, 2010. – С. 184–187.
2. Использование полифункциональных хелатных комплексов при возделывании яровой пшеницы / Г. В. Чекин [и др.] // Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения: материалы национальной научно-практической конференции. – Брянск, 2017. – С. 49–54.
3. Перспективы применения полифункциональных хелатных комплексов для формирования высоких урожаев пивоваренного ячменя / В. М. Никифоров [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 6. – С. 8–14.
4. Звягинцев, Д. Г. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцев // М., 1987. – 256 с.
5. Кириленко, Т. С. Атлас родов почвенных грибов / Т. С. Кириленко // Киев, 1977. – 128 с.

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СЕВООБОРОТОВ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УЧЕТА ДИНАМИКИ И ПРОГНОЗА СВОЙСТВ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Д. В. МАТЫЧЕНКОВ, Л. И. ШИБУТ, Т. Н. АЗАРЕНОК, О. В. МАТЫЧЕНКОВА,
С. В. ШУЛЬГИНА,

канд. с.-х. наук

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

Особенностью развития современного земледелия является то, что наращивание производства продукции растениеводства приходится осуществлять в условиях ограниченности ресурсов. В данном случае особенно важно максимально задействовать малозатратные нематериальные факторы. К числу таких факторов, являющихся важнейшим резервом повышения продуктивности полей, относится грамотное ведение севооборотов и оптимизации структуры посевных площадей [1]. В современном специализированном земледелии многократно возрастает роль рационального размещения культур. Севооборот становится биологическим средством борьбы с болезнями, вредителями, сорняками и позволяет сократить использование химических препаратов. Основной задачей оптимизации структуры посевных площадей является обеспечение максимального экономического эффекта за счет получения наибольшего количества продукции при наименьших затратах, что означает максимальное использование существующего плодородия почвенного покрова, его актуального состояния и свойств его отдельных компонентов.

Объектом исследования явились: информация о почвах ОАО «Авангард-Нива» Осиповичского района Могилевской области по материалам корректировки 1995 и 2006 годов в Почвенной информационной системе Беларуси (ПИСБ) по типовой принадлежности почв, степени гидроморфизма, гранулометрическому составу почвообразующих и подстилающих пород, характеру строения генетического профиля и их современному агроэкологическому состоянию; цифровая почвенная карта хозяйства; карта элементарных рабочих участков с их агрохимической характеристикой, а также возделываемые сельскохозяйственные культуры, занимающие основную долю в структуре посевных площадей республики и их требования к почвенным условиям.

Методическим обоснованием подбора наиболее оптимального севооборота для конкретного элементарного участка были взяты рекомендуемые схемы чередования культур в севооборотах для разных агропроизводственных групп почв, разработанные в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию и РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [2].

Для реализации процедуры подбора наиболее оптимального севооборота для каждого элементарного участка необходимо установить пригодность его для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур (озимая рожь, озимая пшеница, озимое тритикале, яровая пшеница, ячмень, овес, кормовой люпин, горох, вика, пелюшка, лен, сахарная свекла, корнеплоды, рапс, картофель, кукуруза, клевер, люцерна, многолетние травы) на основе общей агропроизводственной группировки почв, в том числе с учетом агроэкологических условий.

Основной фактической базой для определения пригодности участка для возделывания сельскохозяйственных культур являются крупномасштабная почвенная карта и карта элементарных участков с данными последнего тура агрохимических обследований.

Используя ранее разработанные нами алгоритмы, производится присвоение пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур для каждой почвенной разновидности [3].

Затем средствами используемой геоинформационной системы производится пересечение полученной почвенной карты с информацией о пригодности каждого полигона с картой элементарных участков с информацией об агрохимических показателях. В результате полученный полигон имеет информацию о почвенной разновидности, пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур, номере элементарного участка, актуальном агроэкологическом состоянии и определенный набор агрохимических показателей. Затем, средствами геостатистического анализа, используя средневзвешенное значение пригодности для возделывания любой из культур каждого входящего в участок почвенного полигона, элементарному участку присваивается определенное значение его пригодности для возделывания культур на основе только таксономической принадлежности почв (рис.1).

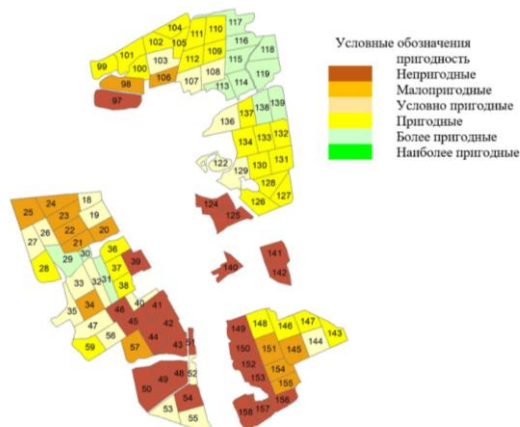


Рис. 1. Пригодность элементарных участков ОАО «Авангард-Нива» Осиповичского района для возделывания ячменя на основе почвенного покрова (фрагмент)

Следующим этапом является актуализация пригодности соответствующим имеющимся показателем агрохимического состояния. Учитываются как минимально необходимые показатели для возделывания каждой из культур, так и наиболее оптимальные, без которых не может быть установлена высокая степень пригодности. Затем, согласно данным агрохимического состояния, каждому элементарному участку присваивается та или иная степень пригодности для каждой из сельскохозяйственных культур.

Для каждого севооборота бралась пригодность каждой культуры или среднее значение пригодности для групп культур, затем значения пригодности суммировались и делились на общее количество лет севооборота. В итоге получается значение пригодности определенного элементарного участка для конкретного севооборота согласно следующей градации: от 0 – непригодные, до 3 – наиболее пригодные. Составлены картосхемы пригодности каждого из выбранных севооборотов для элементарных участков ОАО «Авангард-Нива» Осиповичского района. Причем как с учетом агроэкологического состояния, так и без.

Далее, используя статистические методы обработки, были найдены севообороты с максимальным значением пригодности, в том числе отдельно для зерновых и кормовых севооборотов. Таким образом, для каждого элементарного участка были подобраны наиболее эффективные севообороты (зерновые и кормовые) с учетом почвенного покрова, а также актуального агроэкологического и агрохимического состояния (рис. 2).

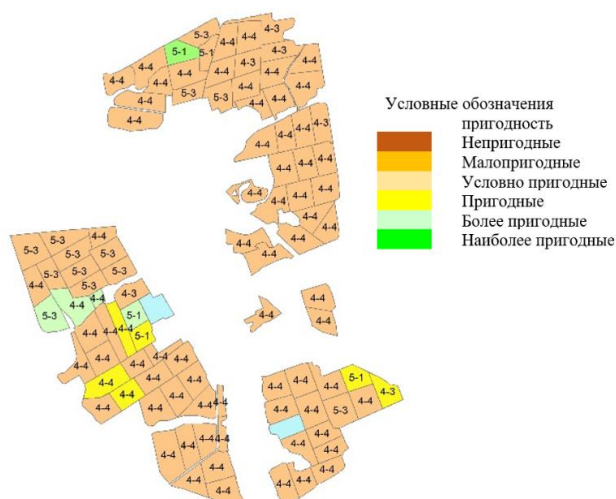


Рис. 2. Наиболее пригодные зерновые севообороты по элементарным участкам ОАО «Авангард-Нива» Осиповичского района с учетом агроэкологического и агрохимического состояния (фрагмент)

Отличительной особенностью создаваемых информационных систем от существующих исследований по оптимизации аграрного землепользования с применением ГИС-технологий является четкая экологическая, экономическая и практическая ориентированность, современная административно-территориальная основа.

Создаваемая «Система помощи принятия решений» (СППР) позволит с наименьшими материальными затратами существенно повысить экономическую эффективность получения

растениеводческой продукции отдельных землепользователей за счет объективного планирования производства сельскохозяйственной продукции с учетом их требовательности к агроэкологическим свойствам почвенного покрова и плодородия почв, а также будет реально отражать необходимость внесения органических и минеральных удобрений, микроэлементов, проведения мероприятий по повышению плодородия почв, мелиоративных и защитных работ, обеспечения дифференцированного подхода в использовании почвенных ресурсов и удобрений на планируемую урожайность применительно для каждого поля [4]. Система учета динамики и прогноза свойств отдельных компонентов почвенного покрова землепользований направлена на обеспечение оптимизации требований сельскохозяйственных культур к свойствам почвенного покрова, то есть получение максимального урожая за счет рационального использования почвенных ресурсов, динамики изменения отдельных их свойств, а также возможности прогнозирования и обеспечения возможности корректировки отдельных свойств почвенного покрова для последующего его рационального использования в сельскохозяйственном производстве, для объективного и своевременного обеспечения органов управления информацией об их состоянии, что в современных условиях является приоритетом для продвижения прикладных исследований и инновационных проектов по внедрению достижений науки в практику ведения сельскохозяйственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земледелие / П. И. Никончик [и др.]; под ред. П. И. Никончика. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 584 с.
2. Оптимизация структуры посевных площадей, организация и ведение контурных почвенно-экологических севооборотов в условиях специализации сельского хозяйства: методические рекомендации / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», РУП «Институт почвоведения и агрохимии»; под общ. ред. П. И. Никончика. – Минск, 2011. – 68 с.
3. Обработка информации в системе информационного обеспечения рационального использования почвенных ресурсов отдельных землепользований / Д. В. Матыченков [и др.] // Актуальные проблемы экологии: сб. науч. ст. по материалам XI Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 5–7 окт. 2016 г.) / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: В. Н. Бурдь (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2016. – С. 243–244.
4. Почвенно-информационные системы в агропочвоведении / В. В. Лапа [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2018. – Приложение к журналу №2 (117). – С. 9–12.

УДК 631.453 : 631.415 : 631.417.2

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР РФ

О. А. МИНАКОВА, д-р с.-х. наук,
Л. В. АЛЕКСАНДРОВА
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы
и сахара им. А. Л. Мазлумова»,
пос. Рамонь, Воронежская обл., Россия

^{90}Sr является биологически аналогом стабильного кальция, легко поглощаясь живыми организмами [1]. ^{137}Cs – основной дозообразующий радионуклид [2]. При попадании в организм эти элементы способны создавать дополнительные источники облучения [3]. ^{90}Sr осаждается на карбонатах почвы, а также образует с фульвокислотами стойкие соединения — фульваты [4]. Распределение микроэлементов в почве контролируется рядом факторов: их геохимическими свойствами, кислотностью, содержанием гумуса, глинистых частиц, карбонатов [5, 6]. Доказано изменение содержания радиоактивных элементов при внесении удобрений [7, 8].

Исследования проводились в 2014–2017 гг. стационарном опыте по внесению удобрений в 9-польном севообороте с сахарной свеклой, заложенном в 1936 году. Опыт расположен в лесостепной зоне РФ на черноземе выщелоченном. Изучалась почва вариантов удобрений от $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 25$ т/га навоза до $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$. Минеральные удобрения вносились под сахарную свеклу, навоз – в черном пару. В воздушно-сухой почве определялось содержание гумуса по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), обменный кальций и магний — трилонометрически (ГОСТ 26487-85, 26428-85), pH солевой вытяжки – ГОСТ 26483-85, Cs-137 – ГОСТ Р 54038-2010), Sr-90 – ГОСТ Р 54041-2010.

Достоверных изменений содержания ^{137}Cs в поверхностном слое почвы выявлено не было, только тенденция к увеличению его концентрации на 6,44 % (табл. 1) в варианте $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120} + 50$ т/га навоза и к снижению на 6,44 % в варианте $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$. Уровень загрязнения почвы опыта ^{137}Cs был в $1,34\text{--}1,78 \cdot 10^7$ раз ниже, чем пороговое значение для зоны с неблагоприятной экологической ситуацией, то

есть загрязнение вследствие применения удобрений, также как и фоновое (на контроле) отсутствовало.

Таблица 1. Содержание радиоактивных элементов в почве стационарного опыта, Бк/кг

Вариант	^{137}Cs	^{90}Sr	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K
Без удобрений	29,5	8,23	31,5	23,7	464
$\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 25$ т/га навоза	30,6	8,37	35,2	19,5	456
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + 25$ т/га навоза	29,5	7,37	34,9	18,5	479
$\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135} + 25$ т/га навоза	30,6	7,57	34,2	17,5	493
$\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза	29,9	7,70	35,2	18,7	470
$\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120} + 50$ т/га навоза	31,4	7,17	34,9	23,4	487
$\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$	27,6	8,27	32,3	20,1	494
HCP_{05}	-	0,50	0,53	0,60	6,2
ПДК	$3,7 \cdot 10^8$	$1,11 \cdot 10^8$	-	-	-

При внесении минеральных удобрений на фоне 25 т/га навоза было отмечено достоверное снижение на 6,44–10,4 % содержания ^{90}Sr относительно контроля. Его концентрация в почве опытного участка была в $1,33\text{--}1,55 \cdot 10^7$ раза меньше, чем пороговое значение, позволяющее отнести почву к зоне с неблагоприятной экологической обстановкой.

Применение $\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135} + 25$ т/га навоза, $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + 25$ т/га навоза и $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза на 15,2–26,2 % снижало содержание ^{226}Ra в почве. Содержание ^{232}Th наиболее значительно (на 8,57–11,7 %) повышалось в почве вариантов $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза, $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120} + 50$ т/га навоза, $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 25$ т/га навоза и $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + 25$ т/га навоза относительно контроля. Содержание радионуклида ^{40}K имело только тенденцию к увеличению на 4,95–6,46 % в вариантах $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120} + 50$ т/га навоза, $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$ и $\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135} + 25$ т/га навоза.

Таким образом, под влиянием применения удобрений выявлено снижение содержания ^{226}Ra и ^{90}Sr в почве (на 15,2–26,2 % и 6,44–12,9 % соответственно). Наибольшее влияние на улучшение радиационного состояния почвы оказывало применение $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + 25$ т/га навоза, $\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135} + 25$ т/га навоза и $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза.

В почве удобренных вариантов отмечалось повышение содержания гумуса относительно контроля на 0,19–0,44 абс. % (2,67–9,12 %) (табл. 2) в слое 0–20 см, наиболее значительно влияло применение $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза, $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120} + 50$ т/га навоза, $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$ и на 0,15–0,65 абс. % (2,60–13,0 %) в слое 20–40 см, наибольшее влияние оказали дозы $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза и $\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135} + 25$ т/га навоза. Содержание обменного Ca^{2+} достоверно не изменялось как в слое 0–20, так и 20–40 см. В слое 0–20 см было отмечено повышение на 7,00–13,4 % содержания обменного Mg^{2+} , в наибольшей степени в вариантах $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120} + 50$ т/га навоза, $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза, $\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135} + 25$ т/га навоза, а в слое 20–40 см изменений не отмечалось. Только тенденция к снижению величины pH_{KCl} в слое 0–20 см на 0,12–0,29 единиц была выявлена при внесении $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$, $\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135} + 25$ т/га навоза и повышению в слое 20–40 см на 0,14–0,34 единиц – $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120} + 50$ т/га навоза и $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза, а $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$ – к снижению на 0,20 единиц.

Таблица 2. Физико-химические свойства почвы и содержание гумуса в стационарном опыте, 2014–2016 гг.

		Гумус, %	Ca^{2+} , мг/100 г	Mg^{2+} , мг/100 г	ЕКО, ммоль/100г	pH_{KCl}
Без удобрений	0–20	4,83	20,7	3,57	45,0	5,03
	20–40	5,00	19,9	3,60	42,0	4,97
$\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 25$ т/га навоза	0–20	4,70	20,4	3,83	37,0	5,04
	20–40	4,87	21,0	3,97	39,0	4,94
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + 25$ т/га навоза	0–20	5,02	21,2	3,57	33,0	4,94
	20–40	5,17	21,4	3,40	40,0	4,95
$\text{N}_{135}\text{P}_{135}\text{K}_{135} + 25$ т/га навоза	0–20	5,20	21,3	3,83	38,0	4,91
	20–40	5,65	20,6	3,87	42,0	4,97
$\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза	0–20	5,27	21,0	3,88	40,0	5,09
	20–40	5,36	21,6	3,60	36,0	5,11
$\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120} + 50$ т/га навоза	0–20	5,22	21,2	4,05	41,0	4,92
	20–40	5,17	20,6	3,75	37,0	5,31
$\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$	0–20	5,27	20,7	3,82	35,0	4,74
	20–40	5,15	20,0	3,75	28,0	4,77
HCP_{05}	0–20	0,14	–	0,27	3,0	–
	20–40	0,11	–	–	2,0	–

Емкость катионного обмена снижалась во всех удобренных вариантах опыта (относительно контроля), на 4,0–12,0 ммоль/100г (8,89–26,7 %) в слое 0–20 см более всего при $N_{190}P_{190}K_{190}$ и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и на 2,0–14,0 ммоль/100г (4,76–33,3 %) в слое 20–40 см при внесении $N_{190}P_{190}K_{190}$ и $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза. Это свидетельствовало об ухудшении сопротивления почвы антропогенной нагрузке вследствие уменьшения суммы способных к обмену катионов. Наиболее высокие показатели ЕКО (близкие к контролю) были отмечены в слое 0–20 см в вариантах $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза, в слое 20–40 см – $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза.

Таким образом, доказано, что в почве удобренных вариантов отмечалось снижение емкости катионного обмена (на 4,76–33,3 %), но повышение содержания гумуса (на 2,60–13,0 %) и обменного Mg^{2+} (7,0–13,4 %) относительно неудобренного варианта.

Таблица 3. Корреляционная зависимость (r) содержания элементов от параметров кислотности и содержания гумуса

Параметры	Sr-90	Cs-137
Содержание Ca^{2+}	-0,922	0,330
Содержание Mg^{2+}	-0,295	0,443
Сумма $Ca^{2+} + Mg^{2+}$	-0,915	0,446
pH_{KCL}	0,714	-0,408
ЕКО	0,092	0,343
Содержание гумуса	0,982	-0,520

Была отмечена отрицательная корреляционная связь высокой степени содержания ^{90}Sr и Ca^{2+} , а также суммы $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ($r=-0,922$ и $r=-0,915$ соответственно) (табл. 3), а также величины $pH_{\text{солевой}}$ ($r=0,714$); отмечалась положительная связь средней степени величины содержания ^{137}Cs и pH_{KCL} , а также суммы $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ и содержания Mg^{2+} ($r=0,528$, $0,446$ и $0,443$ соответственно). Отмечалась сильная положительная корреляция содержания гумуса и ^{90}Sr , для ^{137}Cs была отмечена отрицательная корреляция средней силы.

Таким образом, содержание ^{90}Sr более всего проявляло зависимость от содержания Ca^{2+} и его суммы с магнием (отрицательную) и гумуса (положительную); на содержание ^{137}Cs сильного влияния не оказал ни один из рассматриваемых параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексахин, Р. М. Роль агрохимии в реабилитации радиоактивно загрязненных земель / Р. М. Алексахин, Н. И. Санжарова // Тезисы докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию юбилею академика Д. Н. Прянишникова. – М.: ВНИИА, 2015. – С. 11–16.
2. Степанов, И. Н. О концептуальной схеме исследований ландшафтов / И. Н. Степанов, И. В. Флоринский, П. А. Шарый // Геометрия структур земной поверхности: сб. научн. трудов. – Пушкино, 1991. – С. 9–29.
3. Белоус, Н. М. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Ф. В. Моисеенко, М. Г. Драганская // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 2. – С. 22–29.
4. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. И. Садовникова, И. Н. Лозановская. – М.: Высшая школа. – 2002. – 334 с.
5. Протасова, Н. А. Редкие и рассеянные элементы в почвах Воронежской области / Н. А. Протасова // Физико-химические свойства почв и их плодородие: сб. науч. тр. – Воронеж: Воронежский госуниверситет, 1981. – С. 30–34.
6. Скорбач, В. В. Влияние реакции почвенной среды на подвижность микроэлементов в выщелоченном черноземе // Экологические и генетические аспекты флоры и фауны Центральной России: тез. докл. 4 Открытой регион. конф. – Белгород, 1996. – С. 71–72.
7. Кураков, В. И. Влияние удобрений на воспроизводство почвенного плодородия, урожайность и качество сахарной свеклы в севообороте: автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук / В. И. Кураков. – М.: ВИУА, 1992. – 48 с.
8. Корнев, В. Б. Влияние возрастающих доз калийных удобрений на урожай и накопление ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами / В. Б. Корнев, Л. А. Воробьева // Агрохимический вестник. – 2016. – № 2. – С. 20–22.

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ

В. Н. МИНАТ, канд. геогр. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»,
г. Рязань, Российская Федерация

Экономическая оценка земли отражает сравнительную ее ценность как особого вида средства производства в системе агропромышленного комплекса, в соответствии с условиями определенных природно-экономических районов. В основе экономической оценки находятся те или иные отличия в качестве почв и природные, экономические условия производств.

Рыночная стоимость сельскохозяйственных земель определяется на основании оценок входящих в состав сельскохозяйственных угодий, а также участков под зданиями для производства, хранения и первичной переработки продукции сельского хозяйства. Нормативная урожайность сельскохозяйственных культур зависит от плодородия земельного участка, измеряемого в баллах бонитета [1].

Выбор основных и сопутствующих культур, по которым осуществляют расчеты земельной ренты, проводят в соответствии с набором сельскохозяйственных культур, которые являются типичными или традиционно возделываемыми в местах нахождения того или иного земельного участка. В этом случае основными критериями подбора культур и их возможного чередования служат обеспечение наибольшего дохода и сохранность плодородия [2].

При расчетах валового дохода с распаханых участков может учитываться и возможность получения нескольких урожаев за один сезон по овощной продукции [3].

Проведем оценку пахотных угодий хозяйства методом капитализации ренты ООО «Можары» находящиеся в западной части Сараевского района Рязанской области России.

Характеристика почв в ООО «Можары», для пашни

№ п/п	Наименование почв, входящих в группу	Механический состав почв	Почво-образующие породы	Совокупный почвенный балл (СПБ)	Площадь, (П), га
1	Черноземы оподзоленные малогумусные среднесиловые, черноземы выщелочные малогумусные, среднесиловые	Тяжело - суглинистый	Моренные, покровные, лессовидные суглинки	83	1720
2	Черноземы оподзоленные среднегумусные среднесиловые, черноземы выщелочные среднегумусные среднесиловые	Тяжело - суглинистый	Моренные, покровные, лессовидные суглинки	90	1578
3	Черноземы выщелочные, малогумусные среднесиловые	Тяжело - суглинистый	Моренные, покровные, лессовидные суглинки	48	467
4	Лугово-черноземные	Тяжело - суглинистый	Моренные, покровные, лессовидные суглинки	78	372
5	Черноземы оподзоленные среднегумусные мощные, черноземы выщелочные среднегумусные мощные, черноземы типичные среднегумусные	Тяжело - суглинистый	Моренные, покровные и лессовидные суглинки	96	138
6	Дерново - средне, сильноподзолистые (в том числе засоренные камнями)	Песчаный и супесчаный	Моренные, покровные суглинки, глины, двучленные отложения	29	121
7	Черноземы луговые среднегумусные среднесиловые и мощные	Тяжело - суглинистый	Моренные, покровные, лессовидные суглинки	68	64
8	Аллювиальные зернистые дерново - глееватые; слоистые дерново - глееватые; дерново - глееватые	Тяжело, средне - суглинистый	Аллювиальные отложения	56	26
9	Аллювиальные дерновые зернистые, дерновые, дерновые карбонатные	Тяжело - суглинистый	Аллювиальные отложения	72	11
10	Дерново-слабо, средне, сильноподзолистые глееватые	Легко, средне - суглинистый	Моренные, покровные суглинки, глины	29	4
11	Дерновоподзолистые глееватые; дерново-глееватые; светлосерые лесные глееватые, светло-серые лесные оподзоленные глееватые; торфяно и торфянистоподзолистые глеевые	Легко, средне, тяжело - суглинистый	Моренные, покровные суглинки, глины	20	4
12	Луговые среднегумусные среднесиловые, черноземно влажно-луговые; темно серые лесные глеевые, темно серые лесные оподзоленные глеевые	Легко, средне, тяжело - суглинистый	Моренные, покровные суглинки	47	3
13	Аллювиальные глеевые, болотные всех видов	Механический состав всех видов	Аллювиальные отложения	41	2
14	Дерново - глеевые; серые лесные глеевые; болотные низинные и переходные	Легко, средне, тяжело - суглинистый	Моренные, покровные, делювиальные суглинки	31	1
Всего					4511

Рента будет осуществляться в несколько следующих этапов.

1 этап. Установили, какие группы почв есть на предприятии и их площади. Почвы глинистого механического состава объединили с почвами тяжелосуглинистого механического состава. Слабо эродированные и слабокаменистые почвы сгруппировали с почвами, на которых отсутствуют эрозия и камни. После рассчитывается средневзвешенное значение совокупного почвенного балла распаханых земель по следующей формуле:

$$\text{СПБ ср. пашни} = (\text{СПБ}_1 * \text{П}_1 + \dots + \text{СПБ}_n * \text{П}_n) / \text{П общ.},$$

где СПБ ср.пашни - значение среднего совокупного почвенного балла; $\text{П}_{1,2,\dots,n}$ – площади под каждой из групп; $\text{СПБ}_{1,2,\dots,n}$ – почвенный балл соответствующей группы почв; П общ.- общая площадь распаханых земель.

СПБ по распаханым землям ООО «Можары» составил 80. Он требуется для оценок стоимостей тех или иных земельных участков.

2 этап: определение нормативной урожайности по всем основным с.-х. культурам, которые выращиваются в хозяйстве.

Планирование урожайности осуществляют следующими способами:

- 1) урожайность планируем в соответствии с ресурсным потенциалом;
- 2) с учетом среднего уровня урожайности за 5 последних лет, который достигнут на предприятии;
- 3) урожайность культур определяем на основе сведений плана производственно-финансовой деятельности организации на предстоящий год;

3 этап: материальные затраты рассчитываем на основе технологических карт, или берем затраты по сельскохозяйственным культурам в соответствующем году.

4 этап: земельную ренту рассчитываем как разницу валового дохода и затрат на сельскохозяйственное производство. Валовой доход с 1 гектара кормовых культур рассчитываем умножением нормальной урожайности (в центнерах), коэффициентов питательности кормов и рыночных цен на овес. Валовой доход (или стоимость продукции с одного гектара) определяем для единицы площади участка земли произведением нормативной урожайности сельскохозяйственных культур на их рыночную цену. Цены реализации берутся в среднем по региону.

5 этап: определяем размеры земельной ренты исходя из структур площадей посевов, в качестве которой берем структуру посевов, полученную в результате оптимизации сельскохозяйственного производства.

Размер ренты 1 гектара земельного участка рассчитываем по ниже представленной формуле:

$$P \text{ ср.} = (P_1 * D_1 + \dots + P_n * D_n) / 100,$$

где P ср – средний размер ренты с земельного участка в соответствии с оптимизированной структуры посевных площадей, руб./га;

D_1, D_n – доля сельскохозяйственных культур в структуре посевной площади, в %;

P_1, P_n – рента с 1 гектара сельскохозяйственных культур, руб./га.

$$P \text{ ср.} = 2034 \text{ руб. с одного гектара.}$$

6 этап: годовая величина рентного дохода, преобразованная в расчетную стоимость земли при помощи метода прямой капитализации по следующей формуле:

$$C \text{ пашни ср.} = P \text{ ср.} / SK,$$

где C пашни ср. – средняя стоимость 1 га пашни предприятия,

СК – ставка капитализации для участка, представляет собой коэффициент, который представляет собой зависимость земельной ренты (P) и текущей стоимости (ТС) объекта.

$$ТС = P / SK.$$

Наиболее надежным путем определения величины ставки капитализации является сравнение данных по продажам.

Если развитый рынок недвижимости отсутствует, то ставку капитализации возможно определить как сумму отдельных составляющих. Особенностью ставки капитализации, применяемой при оценке земли, служит то, что она не включает в себя нормы по возмещению капитала.

$$SK = НП + НР + НЛ + ИМ,$$

где НЛ – надбавка за низкую ликвидность объекта недвижимости: 3 %;

НП – безрисковая норма прибыли или ставка депозитного вклада: 8 %;

НР – надбавка за дополнительный риск, который соответствует вложению в данный актив: 4 %;

ИМ – расходы на инвестиционный менеджмент: 2 %.

$$SK = 3 + 8 + 4 + 2 = 17 \text{ \%}.$$

Тогда стоимость одного гектара пашни составит: $(2034,0 / 17) * 100 = 11965$ рублей.

Расчетная стоимость всей пашни предприятия: $11965 * 4511 = 53$ миллиона 974 тысячи 115 руб., исходя из доходного подхода.

Основными направлениями применения данных, касающихся оценки земель, являются решения с их помощью вопросов организации производства, анализа деятельности, связанной с использованием земли, разработок проектов организации территории, проведения противоэрозионных, технических и других работ по улучшению качественного состояния земель, экономического стимулирования, эффективного их использования, налогообложения. Исходя из решаемых задач, могут применяться материалы внутривозрастной, экономической или денежной оценки земель, бонитировки почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минат, В. Н. Оценка сельскохозяйственных земель доходным подходом / В. Н. Минат // Мичуринский агрономический вестник. – 2018. – № 1. – С. 146–152.
2. Минат, В. Н. Оценка земель сельскохозяйственного назначения доходным подходом / В. Н. Минат, М. В. Поляков // Современные научно-практические решения в АПК: Сборн. Статей всероссийск. науч.-практ. конф.; ФГБОУ ВО Гос. аграрный ун-т Северного Зауралья. – Тюмень, 2017. – С. 918–927.
3. Федоскина, И. В. Экономическая оценка сельскохозяйственных земель доходным подходом / И. В. Федоскина, В. Н. Минат // в сб.: Экономика отраслей агропромышленного комплекса: матер. I Национальной научно-техн. конференции [Электронный ресурс]. 2018.

УДК 631.474

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Т. Н. МЫСЛЫВА, д-р с.-х. наук, доцент,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь
Ю. А. БЕЛЯВСКИЙ, канд. с.-х. наук, доцент,
Житомирский национальный агроэкологический университет,
г. Житомир, Украина

Современные возможности геоинформационных систем (ГИС), в частности методы пространственного анализа, позволяют решать целый ряд различных проблем в экономике, географии, эпидемиологии, криминалистике, демографии, планировании работы экстренных служб, транспортном анализе, археологии, экологии и многих других областях, а потребность в усовершенствованных инструментах пространственного анализа постоянно возрастает [1].

Однако несмотря на достаточно широкое применение в различных отраслях, методы геопро пространственного анализа, впрочем, как и методы геостатистического анализа, по-прежнему не нашли широкого использования в аграрной сфере и землеустройстве.

Одним из возможных вариантов применения методов геопро пространственной статистики для целей сельскохозяйственного производства и землеустройства может стать анализ пространственного распределения агрохимических свойств почв земель сельскохозяйственного назначения. При выполнении такого анализа возможно: оценить форму и пространственную ориентацию (тренд) распределения агрохимических показателей почвы в пределах исследуемой территории; выявить и математически оценить пространственное распределение агрохимических показателей почвы; изучить пространственную автокорреляцию данных и определить местоположения в области исследования с аномальными значениями; оценить кластеризацию данных об агрохимических свойствах почвы и определить местоположения кластеров в пространстве; выполнить визуализацию кластеров путем построения карты локального индикатора пространственной ассоциативности; установить наиболее четкие границы между плодородными и мало плодородными землями.

Целью исследований стало установление возможности применения методов геопро пространственного анализа для оценки пространственного распределения содержания гумуса в пределах землепользования РУП «Учхоз БГСХА». Геостатистический анализ данных о содержании гумуса выполнялся с помощью модуля «Пространственная статистика» программного продукта ArcGIS версии 10.2. Для анализа использовались данные, полученные из материалов агрохимического обследования территории РУП «Учхоз БГСХА», выполненного в 2014 г. УКПП «Могилевская областная проектно-изыскательская станция агрохимизации». Общая площадь обследованной территории составляет 3187,0 га. Почвенный покров представлен преимущественно дерново-подзолистыми супесчаными на водно-ледниковых супесях и дерново-подзолистыми суглинистыми на лессовидных суглинках почвами [2].

Первый закон Тоблера говорит о том, что все со всем связано, а объекты, находящиеся в непосредственной близости, связаны сильнее, нежели удаленные [3]. Именно это положение лежит в

основе моделирования отношений между геопространственными объектами. В частности, с помощью методов пространственной статистики можно рассчитать направленное распределение (эллипс стандартного отклонения) геопространственных данных. Расчёт направленного распределения дает возможность для обобщения пространственных характеристик геоданных и позволяет определить центральную тенденцию, дисперсность и тренды, обладающие направленностью. В нашем случае для территории землепользования РУП «Учхоз БГСХА» четко прослеживается тренд в группировке данных о содержании гумуса до 1,5 % и от 1,51 до 2 % в направлении северо-запад – юго-восток, тогда как для содержания гумуса свыше 2 % тренд имеет направленность северо-восток – юго-запад.

Для оценки характера распределения данных и уровня их кластеризации вычисляют величину коэффициента (индекса) ближайшего соседства. Установлено, что величина коэффициента ближайшего соседства составляет 0,91, следовательно, данные в пределах исследуемой территории распределены неслучайно и кластеризованы. Поскольку величина z-оценки (стандартного отклонения) равна 2,075, то с вероятностью 95 % можно утверждать, что кластеризованный тип распределения данных является не случайным. Следует отметить, что при расчете коэффициента ближайшего соседства учитываются только координаты пространственных данных, а не их атрибутивные значения.

Для того, чтобы определить, имеет ли место явление кластеризации по отношению к атрибутивным данным, каковыми в нашем случае являются сведения о содержании гумуса в 0–20 см слое почвы, рассчитывают величину глобального индекса Морана I. Данный индекс является мерой пространственной автокорреляции и характеризует наличие или отсутствие пространственной автокорреляции геоданных. Величина глобального индекса Морана I составляет 0,364998, следовательно, данные в пределах исследуемой территории распределены не случайно и кластеризованы. Поскольку величина z-оценки (стандартного отклонения) равна 8,455, то с вероятностью 99 % можно утверждать, что кластеризованный тип распределения данных является не случайным.

Степень кластеризации высоких или низких значений для выборки определяется путем вычисления общего индекса Getis-OrdG, с помощью которого оценивают общую структуру и тренд геоданных. Установлено, что фактическая величина общего индекса Getis-OrdG составляет 0,007158, а ожидаемая – 0,007042, следовательно, данные в пределах исследуемой территории распределены не случайно и наблюдается кластеризация данных с высокими атрибутивными значениями. Поскольку величина z-оценки (стандартного отклонения) равна 2,588, а p-значение составляет 0,0096, то с вероятностью 99 % можно утверждать, что установленный сильно кластеризованный тип распределения данных с высокими значениями является неслучайным.

Аналогичные результаты были получены при оценке силы кластеризации данных, когда в качестве исходных использовались средние значения содержания гумуса в пределах 438 рабочих участков в пределах территории землепользования РУП «Учхоз БГСХА», то есть исходный класс пространственных объектов был не точечным, а полигональным (табл.).

Анализ горячих точек (от англ. Hot Spot Analysis, HSA) является качественным методом исследования и инструментом предварительной оценки геоданных, который ориентирован на определение приоритетных областей («горячих точек») и позволяет установить наличие кластеризации данных с высокими и низкими значениями [3]. Его выполняют путем определения величины индекса Getis-OrdG*. Статистический показатель Getis-Ord Gi* рассчитывается для каждого пространственного объекта в наборе данных.

Результаты оценки кластеризации данных о содержании гумуса для полигональных объектов

Концептуализация оценки	Значение общего индекса Getis-OrdG		z-оценка	p-значение	Порог расстояния, м
	1*	2**			
Близко расположенные соседние объекты оказывают большее влияние на вычисления для целевого объекта, чем удаленные объекты	0,00012	0,00012	4,634	0,000003	1000
Близко расположенные соседние объекты оказывают большее влияние на вычисления для целевого объекта, чем удаленные объекты, однако угол наклона острее, влияние объектов уменьшается быстрее и только ближайшие соседи оказывают существенное влияние	–	–	5,075	–	1000
Каждый объект анализируется в контексте соседних объектов в пределах указанного порогового расстояния, за пределами которого влияние соседних объектов не учитывается	0,06453	0,06293	4,085	0,000044	1000
Объекты в пределах указанного порогового расстояния оказывают влияние на вычисления для целевого объекта, а влияние объектов за его пределами постепенно уменьшается	0,00232	0,00229	7,469	–	1000
Пространственные отношения определены путем вычисления матрицы пространственных весов	0,05565	0,06402	4,108	0,000040	–

* – наблюдаемое значение; ** – ожидаемое значение; пороговое расстояние определялось путем пошаговой пространственной автокорреляции.

Однако следует отметить, что при расчете индекса Getis-OrdG* учитываются не атрибутивные значения отдельных объектов, а атрибутивные значения их окрестностей, которые рассчитываются для каждого объекта и сравниваются со значениями в остальной области исследований.

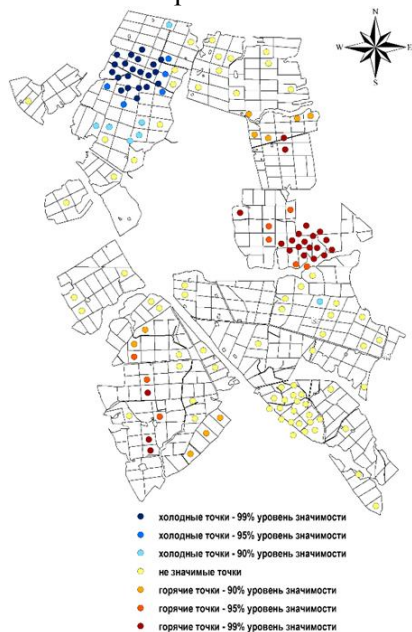


Рис. Результаты анализа «горячих точек» при распределении содержания гумуса в почве

Полученные итоговые z-оценки и p-значения свидетельствуют том, в какой области пространства кластеризируются объекты с высокими или низкими значениями. При этом выполняется анализ каждого объекта в контексте соседних объектов. Чтобы быть статистически значимой «горячей» либо «холодной» точкой, объект должен иметь высокое или низкое значение и быть окружен другими объектами с такими же высокими или низкими значениями. В нашем случае в результате выполнения анализа горячих точек получены три области горячих точек и одна область холодных точек с уровнем значимости 99 % (рисунок).

Если необходимо установить, отличается ли атрибутивное значение объекта от его окрестности, а окрестность объекта от остальной территории исследований выполняют анализ кластеров и выбросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mitchell, A. The ESRI Guide to GIS Analysis / A. Mitchell. – Esri Press, 2005. – Volume 2. – 252 p.
2. Tobler, W. A. computer movie simulating urban growth in the Detroit region / W. Tobler // Economic Geography. – 1970. – 46(2). – P. 234–240.
3. Мыслыва, Т. Н. Практические аспекты использования методов геопространственного анализа в землеустройстве и земельном кадастре / Т. Н. Мыслыва, О. А. Куцаева // Земля Беларуси. – 2018. – №3. – С. 14–18.
4. Дидиков, А. Е. Применение метода «Анализ горячих точек» для повышения эффективности управления предприятием и выявления значимых экологических проблем / А. Е. Дидиков, М. Е. Алексеева // Экономика и экологический менеджмент. – 2015. – №3. – С. 273–282.

УДК 631.415.12

БУФЕРНЫЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ И СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПОЛЕСЬЯ – КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ

П. П. НАДТОЧИЙ, д-р с.-х. наук, профессор,
С. Н. РЫЖУК, д-р с.-х. наук, профессор,
Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины,
г. Житомир, Украина

Сравнительно низкий уровень плодородия почв Полесья в значительной степени обусловлен их неблагоприятными физико-химическими и буферными свойствами [2, 5, 6]. Эффективное функционирование агроэкосистем в этих условиях возможно при оптимизации биологического круговорота макро- и микроэлементов, в том числе кальция и магния, которые регулируют кислотно-основное равновесие почвенного раствора, закрепляют свежееобразованный гумус и, одновременно, являются элементами питания для растений и микроорганизмов [3, 8].

Ионы кальция и магния, находящиеся в почвенно-поглощающем комплексе и почвенном растворе, в значительной степени определяют благоприятное для растений кислотно-основное равновесие, а также формы соединений и доступность макро- и микроудобоев.

Внимание исследователей в связи с этим привлекает кислотно-основная буферность почв. Ее значение связано с проблемой почвенной кислотности, расчетом доз извести и норм удобрений под сельскохозяйственные культуры, а также с неблагоприятным воздействием кислых осадков на агроэкосистемы.

Оценка сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к почвенным условиям произрастания в значительной степени, кроме оптимальных требований к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию, а также потребности в элементах питания, определяется по их отношению к реакции почвенного раствора и кислотно-основной буферности [1, 8].

Информация о кислотно-основных свойствах почв позволяет обоснованно рассчитывать теоретически возможные дозы внесения минеральных удобрений и определять сезонную динамику элементов питания, находя таким образом экологически обоснованные приёмы регулирования физико-химических свойств и гумусового состояния почв.

Учитывая актуальность вопроса, по соответствующим методикам [6, 7] были выполнены изучение и оценка кислотно-основной буферности различных по гранулометрическому составу дерново-подзолистых и серых лесных почв, находящихся как в условиях агроценоза, так и в естественных экосистемах, представленных лесными насаждениями. Результаты исследований в дальнейшем были использованы для расчета норм извести под сельскохозяйственные культуры.

Отличительная особенность методики [7] от ее аналогов состоит в том, что в качестве нулевой базисной линии отсчета (эталон с нулевой буферностью) использовали кривую потенциометрической зависимости pH (ось ординат) от изменения концентраций растворов кислоты и щелочи (ось абсцисс), а в качестве условного эталона с абсолютной буферностью – прямую, проходящую через точку оси ординат, соответствующую pH 7.

При максимальном введении в суспензию 12,5 мг-экв кислоты или щелочи (0,05 н. раствор) в расчете на 100 г почвы в принятом масштабе измерений на графике (1 см по оси абсцисс = 0,01 н. раствора кислоты или щелочи, 1 см по ординате = 1 ед. pH) площади буферности кислотного и щелочного интервалов абсолютно буферного эталона будут всегда равновеликими и составят 26,32 см². Указанную площадь буферности принимали за 100 %, а отношение площади буферности исследуемой почвы к площади условно абсолютно буферного эталона выраженного в процентах – за степень буферной емкости (СБЕ).

Таким образом, введение для оценки буферности почв двух условных эталонов буферности дало возможность оценивать кривую буферности почв по трем показателям – степени буферной емкости для кислотного (СБЕк) и щелочного (СБЕщ) интервалов и показателю нейтрализации (ПН). ПН соответствует количеству миллиграмм эквивалентов кислоты (кислотный ПН) или щелочи (щелочной ПН) в пересчете на 100 г почвы, которое обеспечивает нейтральную реакцию почвенного раствора.

Важно отметить, что с помощью указанных эталонов буферности степень буферной емкости почв можно оценивать в строго фиксированных диапазонах pH обоих интервалов: 1,3–7,0 – в области кислотного и 7,0–12,7 – в области щелочного. Теоретически эти показатели могут варьировать от 0 до 100 %.

Почвообразующие породы характеризуются различными величинами кислотно-основной буферности, однако в отличие от верхних слоев почвы имеют, как правило, более широкий размах варьирования индекса кислотно-основного равновесия ($K_{кор} = СБЕ_к : СБЕ_щ$). В процессе эволюционного превращения материнской породы в почву происходит закономерное изменение ее физико-химических характеристик. Например, при формировании верхнего слоя чернозема типичного его биотическая составляющая стремится приблизить pH_{H_2O} к нейтральной величине, уравнивать степени буферной емкости в кислотном и щелочном интервалах ($K_{кор} \rightarrow 1$) и одновременно суммарно увеличить буферную емкость кислотного и щелочного интервалов ($СБЕ_к + СБЕ_щ \rightarrow 200$ %). Формирование таких условий способствует реализации принципа почти полной замкнутости биогеохимических циклов биофильных элементов. Такую почву следует считать экологически устойчивой [5, 6].

В литературе ставится вопрос о пересмотре рекомендаций по расчету норм внесения известковых материалов на песчаных и супесчаных почвах, бедных органическим веществом и не имеющих сбалансированного соотношения подвижных и доступных форм кальция, магния, калия бора и некоторых других микроэлементов, по величине гидролитической кислотности. Так, в работах [5, 8] справедливо указывается на следующие недостатки такого метода: не учтены требования культур к реакции почвенного раствора; оценивается результат, полученный при взаимодействии почвы с 1 н раствором CH_3COONa , в то время как для регулирования кислотности в почву вносят твердый (молотый) порошок $CaCO_3$; равновесное значение pH вытяжек при определении гидролитической кислотности лежит в интервале 6,7–7,0 и искомое значение кислотности соответствует этому значению pH, но не в интервале 8,2–8,4, как это отмечено в методике; применение коэффициента 1,75 на полноту реакции очень условное и не является теоретически обоснованным. К этому следует

добавить, что указанный метод не позволяет учитывать непосредственное участие ионов алюминия в реакциях обмена катионов и их влияние на изменение кислотности почвенного раствора при заданном значении pH раствора CH_3COONa , который используется в качестве раствора для ее определения.

В зависимости от гранулометрического состава и физико-химических свойств почв, время превращения внесенного CaCO_3 в $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ варьирует от нескольких месяцев до 2–3 лет и более [8]. Диссоциируя в почвенном растворе, указанные соединения образуют катионы кальция, которые вытесняют из почвенно-поглощающего комплекса катионы водорода и превращают в неактивную форму ионы алюминия, железа и марганца.

В таблице представлены результаты кислотно-основной буферности отдельных почв Житомирской области (Украина). Характерной особенностью является низкая буферная емкость в области кислотного интервала в дерново-подзолистых почвенных разностях. В то же время в темно-серой лесной почве этот показатель заметно выше. Показатель нейтрализации в верхнем слое варьирует в широких пределах – от 7,85 в дерново-подзолистой песчаной, находящейся под лесом почве, до 0,48 в светло-серой лесной легкосуглинистой почве пахотных угодий.

Кислотно-основная буферность отдельных почв Житомирской области

Глубина отбора образцов, см	Площадь буферности, см ²		рН _{Н2О}	Показатель нейтрал-изации, мэкв/100 г, ПН	Степень буферной емкости, %		Индекс кислотно-основного равновесия, К _{кор}
	1*	2**			СБЕк	СБЕш	
Дерново-подзолистая песчаная почва (Олевский район, Полесский государственный заказник, лес)							
0-15	3,48	28,10	4,3	7,85	13,2	90,1	0,15
Дерново-подзолистая глеевато-супесчаная почва (Лугинский район, Полесский государственный заказник, лес)							
0-15	3,50	21,42	4,5	5,83	13,3	69,6	0,19
Дерново-подзолистая супесчаная почва (Грозино, Коростенский район, пашня)							
0-20	4,40	17,06	5,3	0,88	16,7	69,0	0,24
35-45	2,47	12,32	5,0	1,21	9,4	46,8	0,20
75-85	4,26	14,29	5,5	1,10	16,2	54,3	0,30
90-100	4,21	13,71	5,5	1,10	16,0	52,1	0,31
Дерново-подзолистая глееватая супесчаная почва (с. Горбаша, Черняховский район, опытное поле ЖНАЭУ, пашня)							
0-20	7,66	15,0	5,6	0,52	29,1	57,0	0,51
Светло-серая лесная легкосуглинистая почва (с. Фосня, Черняховский район, пашня)							
0-20	4,97	12,64	5,8	0,48	18,8	48,0	0,39
Темно-серая лесная глееватая легкосуглинистая почва (Троковичи, Овручский район, пашня)							
0-22	11,04	12,38	5,6	0,65	41,9	46,4	0,90
35-45	3,58	13,71	5,1	1,44	13,6	52,1	0,26

*– кислотный, **– щелочной интервалы.

Учитывая кислую и среднекислую реакцию большинства почвенных разностей Полесья, их низкую буферную емкость в кислотном интервале, мизерное количество в их составе кальцита – основного источника кальция для растений, а также сравнительно короткое время превращения карбонатов кальция и магния в подвижную форму, возникает необходимость дифференцировано подходить к интервалу и нормам их известкования. Немаловажную роль в этом играют потеря ионов кальция из-за вымывания в грунтовые воды [9], а также тонина помола известковых материалов и вынос кальция и магния культурами севооборота [4].

Анализ литературных источников и проведенные исследования позволяют сделать заключение о том, что к оценке буферности почв Полесья следует подходить комплексно. Результаты анализов вполне применимы при установлении норм внесения известковых материалов и очередности самого процесса известкования с учетом выноса ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} культурами севооборота, а также потерь ионов в результате вымывания. Дополнительную информацию по вопросам известкования возможно получить в результате проведения стационарных опытов на различных почвенных разностях Полесья при наборе соответствующих культур севооборота и норм внесения удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / под ред. В. И. Кирюшина и А. П. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.

2. Ереско, М. Кислотно-основная буферность почв как индикатор устойчивости экосистемы / М. Ереско // Земля Беларуси. – 2014. – № 4. – С. 36–44.
3. Мазур, Г. А. Кальцій і магній в ґрунті та їх трансформація під впливом удобрення та вапнування / Г. А. Мазур // Агрохімія і ґрунтознавство. – Кн. 1. – Житомир: ПП «Рута», 2010. – С. 76–87.
4. Надточий, П. П. Кальцій в почвенном покрове агроценозов Житомирского Полесья / П. П. Надточий, В. А. Трембицкий, С. В. Бобрусь // Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства: м-ли Міжнар. наук.-практ. конф. – Житомир: Вид-во «Державний агроекологічний університет», 2005. – С. 121–130.
5. Надточий, П. П. Кислотно-основна буферність і проблема вапнування кислих ґрунтів Полісся / П. П. Надточий, В. А. Трембицкий // Вісник ДАУ. – 2003. – №2. – С. 3–17.
6. Надточий, П. П. Кислотно-основная буферность – критерий агроэкологического состояния почв / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1998. – № 10. – С. 18–24.
7. Надточий, П. П. Определение кислотно-основной буферности почв / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 34–39.
8. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1985. – 376 с.
9. Стройванс, Л. Т. Вапнування як чинник ефективності використання осушених радіаційно забруднених земель / Л. Т. Стройванс, Г. А. Кучер // Проблеми сільськогосподарської радіології: 17 років після аварії на ЧАЕС. – Житомир: ДАЕУ, 2003. – С. 45–48.

УДК 631.45:631.87

ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ВНЕСЕНИИ СОЛОМЫ

О. И. НАИМИ, канд. биол. наук,
Федеральный Ростовский аграрный научный центр,
Ростов-на-Дону, Россия

Уровень плодородия почвы в значительной степени определяет возможность получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, поэтому проблема его воспроизводства в агроценозах была и остается актуальной. Важнейшим показателем плодородия является содержание в почве органического вещества. Как неоднократно отмечалось, в почвы агроценозов поступает значительно меньше растительных остатков, чем в почвы естественных экосистем, что не восполняет потери гумуса и питательных элементов вследствие отчуждения их с урожаем [1, 2]. В связи с этим сохранение и поддержание плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании возможно только при внесении большого количества удобрений, как минеральных, так и органических.

В этом плане весьма перспективным представляется использование соломы в качестве органического удобрения. С одной тонной соломы в почву поступает 8,5 кг азота, 3,8 кг фосфора, 13 кг калия, 4,2 кг кальция, 0,7 кг магния и ряд микроэлементов – железо, марганец, молибден, медь, бор [3]. Солома содержит более 80 % органических соединений (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, белковые соединения и др.), которые при поступлении в почву подвергаются процессам трансформации и являются исходным материалом для формирования различных фракций гумусовых веществ.

Следует отметить, что только 10–20 % соломы преобразуется в гумус и накапливается в почве в виде устойчивых гумусовых соединений, а большая часть ее минерализуется до конечных продуктов – минеральных элементов, CO₂ и H₂O. Кроме того, широкое соотношение C:N входящих в состав соломы органических соединений является причиной низкой скорости разложения соломы и дефицита минерального азота в почве [1, 3, 4, 5]. В связи с этим вопросы, связанные с применением соломы в качестве удобрения и ее влияние на почвенное плодородие, требуют дальнейшего изучения.

В 2015–2017 гг. в ФГБНУ ФРАНЦ проводились полевые и лабораторные опыты по изучению процессов разложения соломы в черноземе обыкновенном карбонатном. В полевом опыте обработка пожнивных остатков гуминовым препаратом ВЮ-Дон, полученным из вермикомпоста, проводилась после уборки озимой пшеницы в дозировке 2 л/га. Контроль – почва без внесения препарата и почва с внесением аммофоса в дозе 100 кг/га. Образцы отбирались до заделки соломы и в весенний период перед посевом яровой пшеницы.

Лабораторный опыт включал следующие варианты: 1 – почва + солома (контроль); 2 – почва + солома + гуминовый препарат ВЮ-Дон; 3 – почва + солома + аммиачная селитра (из расчета 10 кг/т). Гуминовый препарат вносился один раз при закладке опыта. Почвенные пробы отбирали через 1, 5, и 9 месяцев компостирования почвы с соломой.

Агрохимические показатели почвы определяли следующими методами: содержание обменного аммония – методом ЦИНАО, нитратов – потенциометрическим методом, гумус – по И. В. Тюрину. Групповой и фракционный состав гумуса определяли по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [6].

Наиболее интенсивное разложение соломы происходит в начальный период ее компостирования с почвой. Именно в этот период идет активная минерализация органических веществ соломы и образование гумусовых веществ. Этот процесс замедляется с уменьшением количества легкоразлагаемых соединений и с накоплением трудно разлагаемых веществ – целлюлозы и лигнина [4, 5, 7].

Результаты исследования показали, что в течение пяти месяцев компостирования соломы в почве процессы гумификации достигают своего максимума (табл. 1).

Таблица 1. Содержание гумуса (%) в черноземе обыкновенном при компостировании с соломой.

Варианты	Время компостирования, месяцы			
	0	1	5	9
1(контроль)	3,54	3,56	3,59	3,62
2	3,56	3,58	3,62	3,61
3	3,57	3,65	3,69	3,66

Наибольшее содержание гумуса было в варианте с внесением азота, через 5 месяцев с начала опыта оно составило 3,69 %. Через 9 месяцев содержание гумуса уменьшается по всем вариантам, что свидетельствует о преобладании процессов минерализации благодаря возросшей биологической активности. При этом содержание гумуса на контроле и в варианте 2 выравнивается, а на варианте с внесением азота, несмотря на некоторое снижение, остается выше контрольного.

Важную информацию о гумусовом состоянии почв дает групповой и фракционный состав гумуса (табл. 2).

Таблица 2. Групповой и фракционный состав гумуса чернозема обыкновенного при компостировании с соломой (% к $C_{общ}$)

Вариант	$C_{общ}$ %	Фракции гуминовых кислот			Фракции фульвокислот			Сгк/ Сфк
		1	2	3	1	2	3	
0*		1,94	34,56	11,41	3,88	7,52	8,88	2,36
Через 1 месяц компостирования								
1	2,06	2,43	34,81	11,17	4,22	8,54	9,37	2,19
2	2,08	2,74	34,62	11,83	4,18	8,32	10,10	2,18
3	2,12	2,83	35,71	11,18	4,25	9,10	10,24	2,11
Через 5 месяцев компостирования								
1	2,08	2,07	35,43	12,16	4,47	7,21	9,76	2,32
2	2,10	2,24	35,24	12,19	4,43	7,00	10,14	2,30
3	2,14	2,34	34,25	11,68	5,28	7,20	9,95	2,15
Через 9 месяцев компостирования								
1	2,10	1,57	32,86	16,67	3,48	7,14	9,38	2,55
2	2,09	1,44	33,16	16,27	3,97	6,89	9,71	2,47
3	2,12	1,56	34,29	16,03	4,25	6,75	9,43	2,54

0*- исходная почва до внесения соломы.

Гуминовые кислоты, перешедшие в непосредственную 0,1н NaOH-вытяжку, представляют собой наиболее молодую и мобильную фракцию гумуса (1-я фракция) и являются исходным материалом для образования специфических гумусовых веществ. Содержание этой фракции – показатель интенсивности протекающих в почве процессов новообразования гумуса. Данные показывают, что наиболее активны процессы гумификации в течение первых 5 месяцев компостирования соломы. Об этом свидетельствует увеличение содержания 1-й фракции гуминовых и фульвокислот. После 9 месяцев компостирования количество гуминовых и фульвокислот 1-й фракции снижается, что свидетельствует о снижении интенсивности новообразования гумусовых веществ.

Отношение Сгк:Сфк также может служить индикатором интенсивности гумусообразования: его высокие значения свидетельствуют о формировании наиболее «зрелых» гуминовых кислот, а его снижение – о новообразовании «молодых» гумусовых соединений [6, 8]. Сдвиг в сторону увеличения фульватности в первой половине опыта, когда отношение Сгк:Сфк колебалось от 2,11 до 2,32 в различных вариантах, свидетельствует о более интенсивном протекании процессов новообразования гумусовых веществ. К концу опыта отношение Сгк:Сфк постепенно увеличивается, что говорит о замедлении процессов разложения.

Обработка соломы гуминовым препаратом ВЮ-Дон показала свою эффективность и в полевых условиях. При внесении азотных удобрений отмечается увеличение скорости разложения пожнивных остатков, количество которых в пахотном слое снизилось в 1,35–1,4 раза по сравнению с контролем без удобрений. Применение гуминового препарата усилило действие азотных удобрений, что

подтверждает положительное влияние гуматов на развитие почвенных микрофлоры. Применение гуминовых препаратов оказало влияние и на содержание органического вещества в пахотном слое: весной количество гумуса в контрольных вариантах снизилось на 0,08–0,15 % вследствие процессов окисления в условиях повышенной влажности и низких температур, однако в почве, обработанной ВЮ-Доном, уровень гумуса практически не изменился и был максимальным среди всех вариантов [7].

Важным показателем плодородия является содержание доступного азота в почве. На начальных этапах опыта содержание обменного аммония постоянно растет по всем вариантам, что объясняется активным процессом минерализации соломы, однако по истечении 9 месяцев его количество в почве снижается. Это связано с иммобилизацией азота микроорганизмами, разлагающими солому и переходом части аммонийного азота в нитратный (табл. 3).

Таблица 3. Содержание нитратного и аммонийного азота (мг/кг) в черноземе обыкновенном при компостировании с соломой

Варианты	Время компостирования, месяцы			
	0	1	5	9
N – NO ₃				
1	2,1	2,2	16,3	35,4
2	2,2	2,4	15,2	56,6
3	2,4	2,8	28,1	61,1
N – NH ₄				
1	20,1	21,2	34,9	17,5
2	19,8	22,6	34,0	17,2
3	20,3	23,6	37,6	18,8

В условиях лабораторного опыта отсутствуют внешние факторы, влияющие на миграцию азота, поэтому приходной статьей в его балансе является азот, поступающий из минерализующейся соломы, а расходной – его потребление почвенными микроорганизмами. По содержанию аммонийного азота вариант с внесением азота превосходит все варианты на протяжении всего эксперимента. Содержание обменного аммония при обработке гуминовым препаратом сопоставимо с его количеством в контрольном варианте.

Разница в содержании нитратного азота по всем вариантам в начале эксперимента была незначительной, а во второй половине срока компостирования содержание нитратов в почве в вариантах с гуминовыми препаратами и минеральным азотом уже существенно превышало контроль (табл. 3).

Внесение азотного удобрения и гуминового препарата ускоряют процесс разложения и гумификации соломы озимой пшеницы в черноземе обыкновенном. Увеличение подвижного гумуса и снижение величины отношения С_{гк}/С_{фк} свидетельствует о протекании процессов новообразования гумусовых веществ, которые достигают максимума через пять месяцев компостирования соломы с почвой. При разложении соломы в черноземе обыкновенном происходит накопление нитратного азота. Применение гуминового препарата ВЮ-Дон для регулирования разложения и гумификации соломы позволит в перспективе обеспечить условия более эффективного использования пожнивных остатков и побочной продукции урожая зерновых культур для оптимизации плодородия почв агроценозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
2. Наими, О. И. Гумусное состояние и биологическая активность чернозёмов обыкновенных (североприазовских) при длительном сельскохозяйственном использовании / О. И. Наими // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015.– № 3 (53). – С. 161–164.
3. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. М. Штумпе. – М.: Колос, 1972. – 88 с.
4. Гришина, Л. А. Трансформация органического вещества почвы / Л. А. Гришина, Л. А., Г. Н. Копчик, М. И. Макаров. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 88 с.
5. Воспроизводство плодородия чернозема обыкновенного карбонатного при внесении соломы и гуминовых препаратов / О. И. Наими [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. № 8. – С. 11–16.
6. Орлов, Д. С. Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.
10. Мишустин, Е. Н. Использование соломы в качестве удобрения / Е. Н. Мишустин // Почвоведение. – 1971. – № 8. – С. 49–54.
7. Наими, О. И. Влияние гуминовых препаратов на процессы гумусообразования при разложении соломы в почве / О. И. Наими // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018.– № 8. С. 58–61.
8. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 272 с.

ГУМУСОВЫЙ ГЕОХИМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР В ПОЧВАХ КУРСКА: ДИАГНОСТИКА, ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Н. П. НЕВЕДРОВ, канд. биол. наук,
Е. П. ПРОЦЕНКО, д-р с.-х. наук, профессор,
И. П. БАЛАБИНА, канд. биол. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Курский государственный университет»,
г. Курск, Российская Федерация

Количество тяжелых металлов в почвах городской среды постоянно увеличивается. В докладе о состоянии окружающей среды на территории Курской области в 2017 году сообщается о превышении среднегодовой концентрации свинца в атмосферном воздухе в г. Курске в 2,8 ПДК ($0,84 \text{ мг/м}^3$). Пиковой из средних концентраций за 12 месяцев является концентрация равная 16,0 ПДК [1]. Значительная доля эмитированных ТМ поглощается почвой [9]. Нивелирование почвой последствий техногенного воздействия на экосистемы обусловлено емкостью и контрастностью внутрипочвенных геохимических барьеров. Благодаря их работе тяжелые металлы активно накапливаются на геохимических барьерах, что приводит к ограничению миграции ТМ и снижению риска деградации окружающей среды [2, 3, 4].

Количественная оценка емкости геохимических барьеров в аспекте закрепления ими ТМ крайне актуальна для развития геохимии [5, 6, 7]. На сегодняшний день подходы к аналитической оценке емкости геохимических внутрипочвенных барьеров основаны на интуитивно-экспертном способе. При таком подходе в учет принимаются некоторые базовые свойства почв: гранулометрический состав, гумусированность почвенных горизонтов, рН почвенного раствора [6, 8].

Разработка новых подходов к количественной оценке емкости геохимических барьеров позволит приблизиться к решению задач экологического нормирования, а так же повысит точность прогнозов об изменениях экологической ситуации на антропогенно-преобразованных территориях.

Цели исследований – апробация в условиях г. Курска коэффициента размещения ТМ-органовфилов на барьере в качестве нового геохимического показателя количественной оценки емкости гумусового внутрипочвенного мезобарьера.

Апробация коэффициента размещения ТМ-органовфилов на барьере осуществлялась на 10 полнопрофильных разрезах и 20 скважинах городских почв. В учет принимались гумусово-аккумулятивные горизонты и горизонты «урбик» песчаных, легко-, средне- и тяжелосуглинистых почв. Отметим, что все участки, где были заложены почвенные разрезы, испытывают контрастное антропогенное воздействие, которое подтверждается превышением ПДК и фоновых концентраций ТМ в почве и растениях, что отмечалось авторами ранее [9, 10, 11, 12]. В качестве эталона емкости гумусового барьера использовался чернозем выщелоченный мощный среднегумусный тяжелосуглинистый на тяжелом лессовидном карбонатном суглинке. Разрез №161 выполнен на относительно выровненном участке порослевой байрачной дубравы Щигровского района Курской области.

Гумус определяли традиционным методом (по Тюрину ГОСТ 26213-91) в 108 образцах исследованных ключевых участков. Валовое содержание ТМ в почвах определялось методом атомно-адсорбционной спектрометрии на анализаторе «Спектр-5». Определялось 7 микроэлементов (Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Co).

При оценке способности почв обезвреживать поступающие загрязнения ТМ внимание отводится таким показателям как мощность гумусового горизонта и степень гумусированности гумусово-аккумулятивного горизонта. Чем больше запас гумуса в почве, тем больше тяжелых металлов она может поглотить. Более детальную оценку емкости гумусового барьера можно получить только с применением количественной характеристики барьера. В качестве количественной характеристики при оценивании емкости органогенного (гумусового) барьера, предлагаем ввести новый геохимический показатель - коэффициент размещения ТМ-органовфилов на барьере (Khum).

При анализе результатов следует принять во внимание, что при возрастании величины Khum, способность закреплять вновь поступающие массы ТМ-органовфилов также будет возрастать.

Согласно количественной оценке гумусового геохимического барьера для почв города Курска отмечалась следующая закономерность – в антропогенно-измененных почвах города с высокой техногенной нагрузкой (урботемно-серые, урбосерые, урбаноземы) коэффициент размещения ТМ-органовфилов на барьере заметно ниже, чем в почвах с физически ненарушенными профилями и низкой техногенной нагрузкой (табл.).

Изменение значений коэффициента размещения ТМ в гумусово-аккумулятивных горизонтах разных типов почв города Курска на фоне возрастающей антропогенной нагрузки

Тип почвы, № разреза	Горизонт (мощность, см)	Гумус, %	Khum			
			Pb	Cd	Ni	Cu
Урботемно-серая типичная, разр. 1	U(45)	2	2,6	333,3	4,8	4,0
Темно-серая глееватая, разр. 3	AU(29)	4,2	4,7	304,5	6,1	7,3
Урбосерая типичная, разр. 5	AY _{yt} (24)	2,9	4,1	232	3,8	7,2
Урбосерая типичная разр. 4	AY _{yt} (29)	2,2	2,2	220	4,9	4,3
Урбанозем собственно, разр. 11	U1(9)	5,9	0,4	19,0	0,9	0,8
Урбанозем собственно, разр. 11	U2(59)	3,8	13,2	747,3	15,5	18,9
Урбанозем собственно, разр. 12	U1(10)	2,6	0,3	9,0	1,0	1,7
Урбанозем собственно, разр. 12	U2(52)	2,7	1,2	101,0	5,9	13,1
Подзол песчаный иллювиально-железистый, разр. 10	O(4)	0,38	0,3	4,4	1,6	1,0
Дерново-подзол песчаный иллювиально-железистый, разр. 8	AY(26)	1,2	5,6	260	36,7	23,4
Аллювиально-пойменная глееватая разр. 14	AU(29)	6,1	5,1	453,5	7,0	7,3
<i>Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, разр. 161 (эталон)</i>	<i>AU(34)</i>	<i>5,7</i>	<i>15,2</i>	<i>880,9</i>	<i>7,2</i>	<i>10,0</i>

Такая закономерность в большей мере обусловлена концентрациями тяжелых металлов в почве. Тем временем в физически ненарушенном подзоле песчаном иллювиально-железистом (разр. 10) концентрации ТМ не превышают фонового содержания, однако значения коэффициента размещения довольно низкие, что обусловлено малой мощностью и слабой гумусированностью органогенного горизонта (таблица). Это свидетельствует о довольно низкой емкости гумусового геохимического барьера в данной почве. Апробация коэффициента размещения ТМ-органов на барьере на урбаноземах собственно (разр. 11, разр. 12) позволяет охарактеризовать емкость гумусового геохимического барьера. Антропогенно-преобразованный насыпной горизонт U1 (0–10 см) почвы разреза № 11, содержащий 5,9 % гумуса, согласно предложенной количественной оценке депонировал практически максимальное количество ТМ и в ближайшее время станет полностью проницаемым. Однако почва данного участка еще имеет запас прочности в виде мощного горизонта U2, который способен ограничивать вертикальную миграцию ТМ и нивелировать техногенное воздействие. Урбанозем собственно, в месте закладки разреза 12, имеет приближенную к разрезу 11 мощность U1 (0–9 см), но содержит меньшее количество гумуса (2,6 %). Горизонт U1 разреза 12 также характеризуется низкими значениями коэффициента размещения (Pb = 0,3; Cd = 9,0; Ni – 1,0; Cu – 1,7). Значения коэффициента размещения свинца и никеля на барьере возрастают в горизонте U2 в 4,0 и 3,5 раза соответственно. Когда в урбаноземе собственно разреза №11 показатель для этих металлов возрастал в 33 раза и 17,2 раза. Что говорит о миграции элементов за пределы почвенного профиля и о возрастании опасности загрязнения грунтовых вод.

Емкость гумусового барьера почв Курска сравнивалась с емкостью выбранного в качестве эталона чернозема выщелоченного. Отмечалось, что гумусово-аккумулятивный горизонт чернозема выщелоченного имеет более высокие коэффициенты размещения для Pb и Cd. Емкость гумусового барьера по отношению к Ni и Cu в эталонном разрезе не всегда выше, чем в исследованных почвах города.

Наряду с качественной оценкой емкости гумусового геохимического барьера необходимо приводить его количественную характеристику. Апробированный на почвах Курска новый геохимический показатель количественной оценки емкости гумусового барьера для урбаноземов позволил освидетельствовать факт наступления полной проницаемости геохимического барьера для Pb и Ni в почве разреза 12. При использовании только качественного подхода к оценке геохимических барьеров возможности получить подобные результаты не представляется. Сравнительный анализ значений коэффициента размещения ТМ-органов на барьере, полученных для фоновых и антропогенно-преобразованных почв, позволяет не только демонстрировать наличие загрязнения ТМ, но также указывать на недостаток микроэлементов антропогенно-преобразованных почвах.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-4086.2018.5, соглашение

№ 075-02-2018-644 от 15.11. 2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2017 году. Департамент экологической безопасности и природопользования Курской области. – Курск, 2018. – С. 12–15.
2. Перельман, А. И. Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. – 763 с.
3. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды. Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2011. – 248 с.
4. Глазовская, М. А. Геохимические барьеры в почвах равнин, их типология, функциональные особенности и экологическое значение / Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2012. – № 1. – С. 8–14.
5. Водяницкий, Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2008. – 85 с.
6. Водяницкий, Ю. Н. Показатели закрепления тяжелых металлов и металлоидов в почвах Среднего Предуралья / Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2009. – Вып. 63. – С. 63–73.
7. Водяницкий, Ю. Н., Добровольский В. В. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах. – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1998. – 214 с.
8. Геохимические барьеры в зоне гипергенеза / Под ред. Н. С. Касимова и А. Е. Воробьева. – М.: Издательство Московского университета, 2002. – 394 с.
9. Неведров, Н. П., Проценко Е. П., Фомина М. Ю. Экологическая оценка почв ландшафтно-геохимических катен Сеймского округа г. Курска // Экология урбанизированных территорий. – 2017. – №3. – С. 18–26.

УДК 631.445.4::631.8(470.630)

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО СТАВРОПОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

А. М. НИКИФОРОВА, канд. с.-х. наук, доцент,

В. И. ФАИЗОВА, д-р с.-х. наук, доцент,

А. Н. МАРЬИН, канд. с.-х. наук, доцент,

В. Я. ЛЫСЕНКО, канд. с.-х. наук, доцент,

А. Б. УМАРОВ, соискатель,

ФГБОУ ВО «Ставропольской государственный аграрный университет»,

г. Ставрополь, Россия

Естественные экосистемы, в отличие от агроэкосистем, характеризуются упорядоченностью биогеохимических связей, в которых прирост, опад, минерализация органического вещества и трансформация минеральной части является звеньями одной цепи [1,2]. Вся наземная биомасса агроценоза отчуждается, вместе с ней отчуждается и полный набор элементов питания растений [3,4,5,6].

Наши исследования проводились на черноземе обыкновенном карбонатном мощном малогумусном тяжелосуглинистом на лёссовидных суглинках. Были выбраны ключевые участки целины и пашни.

Целинный травостой разнообразный, в основном представлен разнотравно-злаковой ассоциацией. Участки пашни засеивались озимой пшеницей. Весь комплекс полевых и лабораторных исследований проводился в сезонной динамике по основным фазам вегетации культуры: всходы, весеннее кущение, выход в трубку, цветение, молочно-восковая спелость. На целинных участках отбор проводился в те же сроки, что и на пашне.

Исследования проводились по следующим методикам: определение нитратного азота – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86); определение подвижных форм фосфора – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91); содержание обменного калия – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91); определение подвижных форм серы – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26490-85).

Содержание нитратного азота на целине и на пашне была относительно стабильно. Можно отметить разницу в показателях между этими участками от 7,6 мг/кг до 13,3 мг/кг на пашне в зависимости от фазы вегетации, а на целине среднее содержание нитратного азота составило 3,5–7,0 мг/кг.

Содержание подвижного фосфора на целине было относительно стабильным и слабо изменялось в течение сезона, так в начальный период исследований его количество составило 15,5 мг/кг и в конце исследований 11,5 мг/кг. На пашне картина слабо меняется, но исследуемый показатель был в среднем на 7,3 мг/кг выше, чем на целине. Это связано, скорее всего, с постоянным внесением фосфорных удобрений на агроценозах.

Сезонная динамика содержания обменного калия на целинном участке не значительно изменялась в течение сезона и колебалась в пределах от 341 до 382 мг/кг. Необходимо лишь отметить, что на целинном участке количество обменного калия выше в среднем на 43 мг/кг, чем на пашне.

На целине колебания в содержании подвижной серы незначительны и находятся в пределах от 4,4 до 5,5 мг/кг. На пашне содержание серы ниже в среднем на 1,1–1,4 мг/кг по сравнению с целиной.

Динамика среднего содержания элементов питания в черноземе обыкновенном под озимой пшеницей, мг/кг

Показатели	Всходы		Весеннее кущение		Выход в трубку		Цветение		Молочно-восковая спелость	
	целина	пашня	целина	пашня	целина	пашня	целина	пашня	целина	пашня
NO ₃	7,0	8,9	5,9	13,3	4,9	9,5	3,8	8,5	3,5	7,5
P ₂ O ₅	15,5	26,2	14,5	23,9	14,0	19,5	12,8	17,4	12,4	16,4
K ₂ O	382	340	364	323	352	328,5	341	299,5	357	321,5
S	5,5	4,4	5,5	4,4	5,3	4,0	5,0	3,7	4,6	3,5

Целинные участки имеют относительно стабильные показатели содержания подвижных форм элементов питания в течение вегетационных периодов. Это обусловлено богатством видового разнообразия целинной растительности, в котором фазы развития трав последовательно сменяют друг друга на протяжении всего вегетационного периода. Незначительные сезонные изменения связаны с температурным режимом и режимом влажности, а также величиной нарастания биомассы растений.

Таким образом, антропогенная деятельность изменяет уровень агрохимических показателей и вызывает значительные их сезонные изменения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слюсарев, В. Н. Физико-химические свойства почв в различных агроценозах / В. Н. Слюсарев, М. Н. Мышко, А. В. Осипов // Труды КГАУ (Энтузиасты аграрной науки), вып. 10, Краснодар. – 2009. – С. 367–371.
2. Шве́ц, Т. В. Современная оценка плодородия почв в агроэкологическом мониторинге низменно-западного агроландшафта агроэкологического мониторинга / Т. В. Шве́ц // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – №3. – С. 125–136.
3. Терпелец, В. И. Современные почвообразовательные процессы в гидрометаморфизованных почвах Западного Предкавказья / В. И. Терпелец, В. П. Власенко, А. В. Осипов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 5 (38). – С. 5–7.
4. Спиридонова, К. М. Динамика изменения содержания кальция, магния и микроэлементов (В, Zn, Cu) в пахотных почвах Мстиславского района между 12 и 13 турами агрохимического обследования / К. М. Спиридонова, Т. Ф. Персикова // Химия и жизнь: сб. XVII Междунар. научно-практической студенческой конференции. – 2018. – С. 153–160.
5. Персикова, Т. Ф. Агроэкологические аспекты повышения плодородия дерново-подзолистых почв / Т. Ф. Персикова // Агрохимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 3–6.
6. Власенко, В. П., Осипов А. В., Федашук Е. Д. Деградиционное изменение физического состояния почв Азово-кубанской равнины // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 118–123.

УДК 631.445.4:631.461

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ЦЕЛИНЫ И ПАШНИ

А. М. НИКИФОРОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
В. И. ФАИЗОВА, д-р с.-х. наук, доцент,
А. А. НОВИКОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
Д. В. КАЛУГИН, канд. с.-х. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Ставропольской государственной аграрный университет»,
г. Ставрополь, Россия

Исследование отличительных свойств почв в ризосфере растений и происходящих в ризосфере процессов является в настоящее время одной из активно изучаемых проблем почвоведения и смежных наук [1,2,3]. Именно в ризосфере в наибольшей степени проявляется сама суть процесса формирования почвы как биокосного тела, в ней наиболее интенсивно осуществляется взаимодействие биоты с минеральными компонентами породы. Участие высших растений в процессе почвообразования осуществляется через взаимодействие почвы с корневыми системами растений и через отдачу на поверхность почвы и в ее толщу отмирающих остатков [4,5,6,7].

Оценка численности почвенных микроорганизмов имеет первостепенное значение для понимания происходящих в почве микробиологических процессов.

Исследования проводили на черноземе обыкновенном карбонатном мощном малогумусном тяжелосуглинистом на лессовидных суглинках. Объектами исследований являлись целинные участки и пашня. Целинный травостой разнотравно-злаковый. Участки пашни засеивались озимой пшеницей.

Определяли численность микроорганизмов в сезонной динамике по основным фазам развития культуры. Изучались микроорганизмы зоны ризосферы. Отбор почвенных образцов на целине производили одномоментно с пашней. При посеве использовали селективные среды: мясо-пептонный агар (МПА) – для микроорганизмов, использующих органические формы азота; крахмало-аммиачный агар (КАА) – для микроорганизмов, использующих минеральные формы азота; среда Чапека-Докса – для микроскопических грибов; среда Гетчинсона – для аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов; среда Эшби – для культивирования аэробных азотфиксаторов.

Так, численность аммонификаторов на целине в начале исследований составила 16,1 млн КОЕ/1г и к фазе весеннего кущения увеличилась до 52,4 млн КОЕ/1г. К концу исследований происходит снижение численности аммонификаторов до значений, близких к весенним показателям.

На пашне сезонная динамика аммонификаторов значительно отличалась от целинного участка. Минимальное количество микроорганизмов преобразующих органические формы азота было в фазу всходов и составило 12,9 млн КОЕ/1г почвы. В весенний период происходит резкое увеличение численности данной группы микроорганизмов до 72,7 млн КОЕ/1г. В фазу цветения разница между минимальными и максимальными показателями возросла в 2,8 раза.

Численность микроорганизмов использующих минеральный азот на целинном участке в течение сезона также не претерпевала значительных изменений. Наименьшие значения приходились на фазу всходов, весеннее кущение и послеуборочный период (21,4; 40,8; 87,4 млн КОЕ/1 г почвы) соответственно. Наибольшие приходились на конец мая, когда на пашне было цветение пшеницы и составило 108,5 млн КОЕ/1 г, разница между минимальными и максимальными составила 87,1 млн КОЕ/1 г.

На пашне наименьшее количество нитрификаторов было в фазу всходов, что составило 12,8 млн КОЕ/1 г почвы. В фазу весеннего кущения наблюдается увеличение количества нитрификаторов за счет проведения подкормки азотными удобрениями, что составило 55 млн КОЕ/1г. В фазу выхода в трубку произошло увеличение численности микроорганизмов на 85 млн КОЕ/1г, так как количество влаги на пашне в этот период значительно увеличилось.

Максимальное количество микроорганизмов наблюдалось в фазу цветения и составило 158,5 млн КОЕ/1г почвы.

Проведенные исследования на целинном участке в течение сезона наблюдалось снижение численности микроскопических грибов от фазы всходов озимой пшеницы до фазы выхода в трубку.

В фазу всходов количество микроорганизмов было 139,5 тыс.КОЕ/1г почвы, а к фазе выхода в трубку снизилось в 1,2 раза. В фазу цветения происходит увеличение на 8 тыс.КОЕ/1г почвы.

Проведенные исследования на целине достаточно стабильны. Можно лишь отметить, что к послеуборочному периоду наблюдается резкое увеличение численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов до 338,4 тыс. КОЕ / 1 г.

Сезонная динамика средней численности микроорганизмов в черноземе обыкновенном под озимой пшеницей

Всходы		Весеннее кущение		Выход в трубку		Цветение		Молочно-восковая спелость	
Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П
Аммонификаторы (млн. КОЕ / 1 г)									
16,1	12,9	52,4	72,7	135,5	112,5	117,3	205,2	103,3	139,8
Микроорганизмы, использующие минеральный азот (млн. КОЕ / 1 г)									
21,4	12,8	40,8	55	93,3	140,1	108,5	158,5	107,8	164
Микромицеты (тыс. КОЕ/1г)									
139,5	141,5	106	130,5	117	134,5	125,5	243	110	286,5
Целлюлозоразрушающие микроорганизмы (тыс. КОЕ / 1 г)									
136,4	115,1	137,9	98,3	88,2	108,9	86,6	168,4	273,3	189,5
Азотфиксаторы аэробные (тыс. КОЕ/1г)									
14,5	21,5	24	33,5	90	114	88	144,5	107	188,5

На пашне в осенний период времени наблюдается минимальное количество микроорганизмов, что составляет 115,1 тыс.КОЕ/1г. В весенний период происходит дальнейшее снижение количества изучаемой группы в 1,2 раза. В фазу цветения и молочно-восковой спелости происходит увеличение до 253,5 тыс.КОЕ/1г.

В результате проведенных исследований на целинном участке в течение сезона наблюдается постепенное увеличение численности аэробных азотфиксаторов от 14,5 тыс.КОЕ/1 г до 100,1 тыс.КОЕ/1 г. Разница между исследуемыми значениями – 86,6 тыс.КОЕ/1г.

На пахотном участке динамика численности изучаемой группы микроорганизмов была аналогична целиной, за исключением летнего периода, когда происходит снижение количества *Azotobacter chroococcum*.

Таким образом, на пашне показатель численности микроорганизмов очень динамичен в течение сезона, что сказывается на напряженности почвообразовательных процессов. Количество микробов в критические фазы роста и развития озимой пшеницы часто значительно превышает аналогичные показатели на целине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казеев, К. Ш., Колесников С. И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. – 2012. – 260 с.
2. Персикова, Т. Ф., Царева М. В. Влияние предшественников и системы удобрения культур севооборота на плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Агроэкология. – 2014. – № 1. – С. 39–42.
3. Марфенина, О. Е. Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах: автореф. дис.... доктора биологических наук / О. Е. Марфенина. – М.: МГУ, 1999. – 48 с.
4. Титова, В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Агроэкосистемы: проблемы функционирования и сохранения устойчивости. – Н. Новгород: НГСХА, 2002.
5. Царева, М. В., Персикова Т. Ф. Микробиологическая активность дерново-подзолистой почвы в зависимости от ее гранулометрического состава, возделываемых культур и органических удобрений / М. В. Царева, Т. Ф. Персикова // В сборнике: Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения материалы международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 206–208.
6. Шеуджен, А. Х. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при длительном применении минеральных удобрений / А. Х. Шеуджен, С. А. Кольцов, О. А. Гуторова, И. А. Лебедовский, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов, С. В. Есипенко // Наука Кубани. – 2017. – № 1. – С. 35–39.
7. Имамутдинова, О. С., Швеиц Т. В. Содержание гумуса в черноземе выщелоченном западного предкавказья при возделывании озимого ячменя различными технологиями // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. Ответственный за выпуск: А. Г. Коцаев. – 2016. – С. 28–29.

УДК 631.51: 631.43

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ НА ЕЕ СЛОЖЕНИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ

В. А. НИКОЛАЕВ, канд. с.-х. наук, доцент,

Л. И. ЩИГРОВА, аспирант

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
Москва, Российская Федерация

В связи с использованием в современном сельскохозяйственном производстве прогрессивных ресурсосберегающих технологий, освоением короткоротационных севооборотов возрос интерес к изучению агрофизических факторов плодородия почвы (плотность, пористость, водопроницаемость и др.) [5].

Известно, что благоприятные физические свойства и режимы почв являются основой и необходимым условием реализации потенциального почвенного плодородия для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому создание и поддержание оптимального сложения пахотного слоя почвы с помощью разных систем обработки является актуальной задачей современного интенсивного земледелия. Однако динамичность процессов, происходящих в почве под влиянием обработки, а также ее действие на плодородие требуют систематического изучения.

Исследования проводились на опытном поле ЦТЗ, в РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. Объектом исследования являлась культура ячмень, который чередовался в севообороте: викоовсяная смесь на зеленый корм – озимая пшеница + горчица белая на сидерат – картофель – ячмень. В данном опыте изучали две системы основной обработки почвы – отвальную (ежегодная вспашка на глубину 20–22 см) и минимальную (прямой посев на ячмене и фрезерная обработка на глубину 10–12 см, на картофеле) [1]. Почвенный покров опытного участка представлен дерново-подзолистыми, легкосуглинистыми почвами. Содержание гумуса в пахотном слое (0–20 см) – от 2,0 до 2,5 % (по Тюрину), обеспеченность общим азотом (по Корнфилду) низкая – 35,5 мг/кг почвы, тогда как обеспеченность подвижным фосфором (по Кирсанову) высокая – (200–250 мг/кг почвы). Содержание

обменного калия (по Масловой) средняя (150–200 мг/кг почвы). pH водной вытяжки колеблется в пределах от 5,8 до 6,2.

В полевом опыте ЦТЗ применение разных систем обработки в зернопропашном севообороте определило неодинаковое сложение пахотного (0–20 см) и подпахотного (20–30 см) слоев дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Так, при минимальной системе обработки на глубину 10–12 см достигался более высокий уровень оптимизации плотности, пористости аэрации и твердости пахотного слоя, чем при отвальной системе.

Оптимальную плотность сложения пахотного слоя почвы под ячменем в течение вегетационного периода отмечали в варианте с минимальной обработкой, где она составляла в среднем $1,39 \text{ г/см}^3$, в то же время на вспашке плотность этого же слоя на $0,07 \text{ г/см}^3$, или на 4,8 % была выше. Такое большое повышение плотности объясняется большим количеством осадков, выпавших в 2013 г., что привело к заплыванию почв, особенно на варианте с оборотом пласта, из-за так называемой «плужной подошвы», которая препятствовала передвижению влаги вниз по профилю, происходило перенасыщение капилляров водой, в результате чего плотность пахотного (0–20 см) слоя была на уровне критического порога – $1,46 \text{ г/см}^3$. Тогда как на варианте с минимальной обработкой излишняя влага по не нарушенным почвенным порам свободно перемещалась в нижележащие слои почвы. В подпахотном (20–30 см) слое в вариантах минимальной и отвальной обработок различия в плотности сложения были незначительными и составляли $0,03 \text{ г/см}^3$. Более рыхлое сложение подпахотного слоя почвы – $1,47 \text{ г/см}^3$ отмечено при отвальной системе обработки, что объясняется, видимо комплексом причин, в частности погодными условиями, а также более рыхлым сложением нижележащих слоев и более высокой их водопроницаемостью на делянках со вспашкой (табл. 1).

Таблица 1. Влияние разных способов обработки на агрофизические свойства почвы, 2013 г.

Обработка почвы	Слой почвы, см.	Плотность, г/см^3	Пористость, %	Твердость, кПа
Минимальная	0–10	1,36	26,4	11,1
	10–20	1,42	25,5	16,1
	20–30	1,5	23,4	18,8
Отвальная	0–10	1,47	16,7	16,8
	10–20	1,44	21,2	19,2
	20–30	1,47	21,4	23,5

HCP_{05}

1,05

Пористость аэрации пахотного слоя почвы в течение вегетационного периода ячменя при применении минимальной обработки на 10–12 см, а также вспашки на 20–22 см не опускалась ниже оптимальных значений. На варианте с минимальной обработкой скважность изучаемых слоев почвы

Данные по твердости дерново-подзолистой почвы, полученные по вариантам опыта ЦТЗ в посевах ячменя в 2013 году, в целом подтверждают результаты исследований плотности сложения и сделанные по ним выводы. Использование вспашки на глубину 20–22 см приводило к увеличению в 1,5 раза твердости пахотного слоя по сравнению с минимальной обработкой на глубину 10–12 см.

Твердость почвы в процессе вегетации ячменя также повышалась, особенно на варианте с отвальной обработкой, где к уборке изучаемой культуры твердость почвы в нижней части пахотного, особенно подпахотного (20–30 см) не только не возросла, а существенно повысилась. На минимальной обработке к уборке ячменя твердость почвы в слое 0–20 варьировала в пределах 8–14,3 кПа, то есть была оптимальной для роста и развития корневой системы ячменя. Это объясняется более интенсивным рыхлением верхнего слоя при обработке комбинированным агрегатом «Катрос» на глубину 10–12 см.

Агротехника сельскохозяйственных культур оказывает влияние на влагоемкость почвы и ее влажность завядания путем улучшения физических свойств почвы лишь в течение длительного времени. Более существенное воздействие культурные растения и приемы их возделывания оказывают на водопроницаемость и влагоемкость почвы, то есть ее способность поглощать воду атмосферных осадков [2,3,4].

Применение различных приемов основной обработки в севообороте оказало неодинаковое влияние на водопроницаемость почвы под ячменем (табл. 2).

Таблица 2. Водопроницаемость почвы под посевами ячменя, 2013 г., мм/мин

Обработка почвы	Слой почвы, см		
	0–10	10–20	20–30
Минимальная	3,67	4,68	3,29
Отвальная	3,15	2,08	2,22

$\text{HCP}_{05} = 2,16$

Минимальная обработка приводила к увеличению водопроницаемости почвы под посевами ячменя на 1,56 мм/мин, или на 37,4 % пахотного слоя, и на 1,07 мм/мин, или на 32,5 % подпахотного слоя по сравнению с отвальной обработкой. Таким образом, установлено, что под ячменем в зернопропашном севообороте такие агрофизические характеристики, как плотность, пористость, твердость и водопроницаемость почвы изменяются в зависимости от системы обработки, предшественника и влагообеспеченности.

Корреляционный анализ позволил выявить парные коэффициенты корреляции между плотностью пахотного слоя почвы и другими агрофизическими свойствами почвы. Установлена прямая средняя корреляционная зависимость плотности пахотного слоя от твердости почвы, обратная средняя корреляционная зависимость ее от пористости и водопроницаемости почвы (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент корреляции между плотностью пахотного слоя и другими агрофизическими свойствами дерново-подзолистой почвы

Агрофизические свойства почвы	Коэффициент
Пористость, %	-0,86
Твердость, кПа	0,94
Водопроницаемость, мм/мин	-0,30

Показателем эффективности используемых приемов обработки почвы является урожайность культур (табл. 4).

Таблица 4. Влияние разных приемов обработки на урожайность ячменя, 2013 г.

Обработка почвы	Урожайность, т/га
Минимальная	4,95
Отвальная	5,18

$HCP_{05} = 0,21$

Постоянная безотвальная обработка почвы и приемы минимализации в севообороте сокращают темпы минерализации гумуса на 25–30 %, а также существенно снижают деградацию почвенного профиля [3]. В то же время эти обработки неравномерно заделывают в почву органические и минеральные удобрения, сидераты, ухудшают фитосанитарное состояние посевов, что приводит к снижению урожайности.

Так, в среднем урожайность ячменя в варианте с отвальной обработкой составила 5,18 т/га, что на 0,23 т/га больше, чем в варианте с минимальной обработкой. Что объясняется более высоким содержанием влаги во второй половине вегетации ячменя с отвальной обработкой.

Таким образом, исследования показали, что применение разных способов обработки не выявило четкой зависимости по некоторым агрофизическим свойствам дерново-подзолистой почвы.

Отмечена тенденция к увеличению урожая этой культуры при отвальной обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беленков, А. И., Николаев В. А., Шитикова А. В. Агроэкологическая концепция исследований и агрофизические свойства почвы в посадках картофеля полевого опыта ЦТЗ // Агрофизика. – 2011. – № 3. С. 5–14.
2. Лошаков, В. Г. Севооборот и плодородие почвы. – М.: Изд. ВНИИА, 2012. – С. 217.
3. Лошаков, В. Г., Иванов Ю. Д., Николаев В. А. Плодородие дерново-подзолистых и продуктивность зерновых севооборотов при длительном использовании пожнивного сидерата. – Изв. ТСХА, 1993. – Вып. 3. – С. 3–14.
4. Лошаков, В. Г., Николаев В. А. Изменение агрофизических свойств дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при длительном применении пожнивного зеленого удобрения. – Изв. ТСХА, 1999. – Вып. 2. – С. 29–40.
5. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: - учебное пособие / Н. С. Матюк, В. Д. Полин. – М.: Изд. РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2013. – С. 12.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

А. В. ОСИПОВ, канд. с.-х. наук, доцент,

Т. В. ШВЕЦ, канд. с.-х. наук, доцент,

В. П. ВЛАСЕНКО, д-р с.-х. наук, доцент,

И. И. СУМИНСКИЙ, магистрант,

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,

г. Краснодар, Россия

В южной части Западного Предкавказья Краснодарского края сформировались, в основном, черноземы выщелоченные. Общая площадь их составляет 240,7 тыс. га, в том числе пашня 160,2 тыс. га. Длительное интенсивное сельскохозяйственное использование черноземов привело к дисбалансу между его потенциальным и эффективным плодородием. Потеря гумуса в черноземах региона за последние 30–40 лет составила более 30 % от его исходного содержания, что значительно ухудшило их свойства [1,2,3,4,5,6,7]. Поэтому в настоящее время актуальны исследования по изучению изменения состава и свойств черноземов, а также их гумусного состояния.

Многолетние исследования проводились в системе агроэкологического мониторинга в типичном равнинном агроландшафте южной части Западного Предкавказья. Объектом исследований являлся чернозем выщелоченный. Полевые культуры возделывались различными технологиями в течение многих лет.

В длительном многофакторном полевом опыте изучались следующие факторы: уровень плодородия, система применения удобрений, система защиты растений, система основной обработки почвы. Исследования проводились на фоне четвертого фактора – системы основной обработки почвы: D_1 – безотвальная, D_2 – зональная (рекомендуемая) и D_3 – отвальная с глубоким рыхлением почвы до 70 см дважды в ротацию (за 11 лет).

Схема опыта была представлена частью выборки из полной схемы длительного многофакторного полевого опыта $(4 \times 4 \times 4) \times 3$ и включала 12 вариантов из 48 с условным названием агротехнологий: 000 (экстенсивная технология), 111 (беспестицидная), 222 (экологически допустимая), 333 (интенсивная) – на трех изучаемых системах основной обработки почвы (D_1D_2 , D_3).

Отбор почвенных образцов проводился сплошной колонки в слоях 0–20, 20–40, 40–60 см под культурами севооборота в летний период. В образцах почвы определяли и рассчитывали следующие показатели: общий гумус по методу И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симаква, баланс гумуса – расчет, плотность – классическим объемно-весовым методом с отбором образцов ненарушенного сложения цилиндрическим кольцом-буром объемом 50 см^3 , плотность твердой фазы пикнометрическим методом, влажность почвы – весовым методом.

Длительное возделывание сельскохозяйственных культур, независимо от степени интенсивности агротехнологий, уровня плодородия, системы применения удобрений и защиты растений, а также системы обработки почвы гранулометрический состав чернозема выщелоченного практически не изменился. Это подтверждает, что он является наиболее стабильной характеристикой свойств почвы [7]. По гранулометрическому составу чернозем выщелоченный относится к легкой иловато-пылевой глине с содержанием в метровом слое физической глины (менее 0,01 мм) 60,3–63,9 %, ила (менее 0,001 мм) 36,2–41,0 %. Распределение механических фракций в метровом слое равномерное.

Влияние механической обработки на агрофизические и химические свойства черноземов наиболее детально изучено при сравнении показателей пахотных угодий в зависимости от продолжительности обработки с участками иного сельскохозяйственного использования, но идентичным почвенным покровом [3,6,7,8]. Отмечено, что, несмотря на ухудшение физических свойств пахотного, а иногда подпахотного слоев при использовании угодий под пашню и их дальнейшего использования в сельскохозяйственном производстве, приходится все же применять ту или иную по интенсивности обработку для поддержания благоприятного сложения почвы. Важнейшим фактором плодородия является плотность сложения почвы, для большинства полевых культур оптимальная плотность черноземов составляет $1,0\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$.

Мониторинговые исследования, проведенные сотрудниками КубГАУ в длительных стационарах [1], позволяют заключить, что на степень уплотнения активного корнеобитаемого слоя черноземов выщелоченных оказывает определенное влияние систем обработки почвы в севообороте, а так же нашими исследованиями установлено, что при интенсификации агротехнологий, и в первую очередь,

при внесении высоких доз органических удобрений, улучшаются агрофизические свойства почвы (табл. 1).

Таблица 1. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного при возделывании озимой пшеницы (2016 г.)

Индекс технологии	Глубина отбора образца, см	Плотность, г/см ³		Пористость общая	Полевая влажность
		слоения	твердой фазы		
Экстенсивная (0001)	0–20	1,31	2,67	50,9	16,64
	20–40	1,39	2,68	48,1	14,71
	40–60	1,43	2,67	46,4	14,55
(0002)	0–20	1,30	2,69	51,7	17,13
	20–40	1,38	2,69	48,7	16,40
	40–60	1,43	2,70	47,0	15,14
(0003)	0–20	1,28	2,68	52,3	13,69
	20–40	1,36	2,70	49,7	14,37
	40–60	1,39	2,70	48,6	15,06
Интенсивная (3331)	0–20	1,24	2,61	52,5	16,64
	20–40	1,29	2,63	51,0	14,71
	40–60	1,32	2,63	49,8	14,55
(3332)	0–20	1,20	2,62	54,2	17,13
	20–40	1,26	2,63	52,1	16,40
	40–60	1,31	2,63	50,2	15,14
(3333)	0–20	1,17	2,60	55,0	13,69
	20–40	1,27	2,64	51,9	14,37
	40–60	1,33	2,64	49,7	15,06

Под озимую пшеницу проводились различные системы обработки почвы и системы удобрений. На вариантах с отвальной обработкой по предшественникам наблюдалась наиболее рыхлое сложение почвы, это связано с влиянием более глубокого рыхления. При рекомендуемой и безотвальной обработках почва более уплотнена. В 60 см слое чернозема выщелоченного при использовании экстенсивной технологии возделывания озимой пшеницы плотность составила 1,28–1,46 г/см³, интенсивной (333) – 1,17–1,41 г/см³, пористость общая, соответственно, 46,1–52,3 % и 48,1–55,0 %. Повышенная доза удобрений существенно повлияла на плотность сложения почвы в 20 см слое по сравнению с вариантом без применения удобрений (1,17 г/см³ и 1,28 г/см³), такая зависимость наблюдается и в подпахотном горизонте (1,27 г/см³ и 1,36 г/см³). Полученные результаты согласуются с литературными данными о влиянии внесения высоких доз органических удобрений и глубокого рыхления почвы на ее агрофизические свойства [3,6,7,8,9].

Установлено, что содержание общего гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного под подсолнечником составляло 3,26–3,49 % (табл. 2).

Таблица 2. Влияние различных агротехнологий на изменение содержания и баланса гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного при возделывания полевых культур (2014-2016 гг.)

Индекс технологии	Содержание гумуса, % (числитель) и баланс гумуса, т/га (знаменатель) в слое 0–20 см			Содержание гумуса в среднем за 2015-2017 гг.
	2015	2016	2017	
	подсолнечник	озимая пшеница	кукуруза	
0001	<u>3,26</u> –0,31	<u>2,89</u> –0,01	<u>3,04</u> +0,23	3,06
0002	<u>3,26</u> –0,33	<u>2,84</u> –0,02	<u>2,72</u> +0,25	2,94
0003	<u>3,21</u> –0,32	<u>2,78</u> –0,02	<u>2,52</u> +0,26	2,84
3331	<u>3,49</u> –0,62	<u>3,40</u> +0,02	<u>2,90</u> +0,45	3,26
3332	<u>3,45</u> –0,66	<u>3,32</u> +0,02	<u>2,61</u> +0,45	3,12
3333	<u>3,47</u> –0,65	<u>3,11</u> +0,01	<u>3,02</u> +0,47	3,20
НСР ₀₅	0,04	0,08	0,10	–

Минимальные значения этих показателей отмечены с использованием технологии 0003 (экстенсивная с отвальной глубокой обработкой почвы), а максимальные 3331 (интенсивная с безотвальной обработкой почвы). При этом интенсификация технологии возделывания на фоне

безотвальной и зональной систем обработки почвы (3331, 3332) способствовала повышению содержания гумуса, что объясняется поступлением в почву большого количества органических остатков и слабой минерализацией гумуса в сравнении с глубоким отвальным рыхлением. Озимые культуры оставляют после себя меньшее количество пожнивных и корневых остатков, поэтому содержание гумуса под кукурузой меньше, чем под подсолнечником.

Все изменения, происходящие в почве при ее сельскохозяйственном использовании, связаны с состоянием гумуса, что обусловлено различной степенью разложения органических веществ, характером их изменений, а также связями гумусовых соединений между собой и с минеральной частью почвы [4,6]. В этом плане достаточно наглядным является баланс гумуса, также представленный в табл. 2. Баланс гумуса рассчитывался как разность между статьями его прихода за счет пожнивных и корневых остатков, внесения органических удобрений, а также расхода за счет минерализации.

Положительный баланс гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного отмечен под кукурузой независимо от технологии возделывания. Под озимой пшеницей бездефицитный баланс гумуса в исследуемой почве наблюдается только при использовании интенсивных технологий. Отрицательный баланс гумуса в черноземе выщелоченном установлен независимо от системы обработки почвы при возделывании разными технологиями пропашных технических культур, в частности, подсолнечника. Поэтому при возделывании таких обязательно необходимо использовать органические удобрения исходя из расчетных данных по балансу гумуса чернозема выщелоченного.

Следовательно, длительное использование в полевом севообороте различных технологий возделывания полевых культур по-разному влияет на агрофизические и агрохимические показатели чернозема выщелоченного Западного Предкавказья. Внесение высоких доз органических удобрений способствовало улучшению его агрофизических и агрохимических свойств, в сравнении с экстенсивной технологией. Независимо от агротехнологий, гранулометрический состав чернозема выщелоченного не изменяется и относится к легкой иловато-пылевой глине. Интенсификация технологий в севообороте с использованием безотвальной системы обработки почвы способствовала повышению содержания общего гумуса в черноземе выщелоченном. Максимальное положительное влияние на указанный показатель оказал фактор уровня плодородия (А) почвы. Ограничивающими фактором в увеличении содержания и запасов гумуса в черноземе являлись интенсификация системы основной обработки почвы (фактор D) и системы защиты растений (фактор C).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края // Тр. Кубанского ГАУ. – Краснодар: 2008. – Вып. 431 (459). – 352 с.
2. Безуглова, О. С. Гумусное состояние почв юга России / О. С. Безуглова. – Ростов-на-Дону, 2001. – 228 с.
3. Власенко, В. П. Деградиционные изменения физического состояния почв Азово-кубанской равнины / В. П. Власенко, А. В. Осипов, Е. Д. Федачук // Тр. Кубанского ГАУ. – 2017. – № 69. – С. 118–123.
4. Жуков, В. Д. К вопросу зонирования территории Краснодарского края по основным агроэкологическим факторам, влияющим на кадастровую оценку земель сельскохозяйственного назначения / В. Д. Жуков, З. Р. Шеуджен // Почвоведение – продовольственной экологической безопасности страны. Тезисы докладов 7 Съезда почвоведов им. В. В. Докучаева. Отв. редакторы: С. А. Шоба, И. Ю. Савин. – 2016. – С. 249–251.
5. Подколзин, О. А. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О. А. Подколзин, И. В. Соколова, А. В. Осипов, В. Н. Слюсарев // Тр. Кубанского ГАУ, 2017. – № 68. – С. 117–124.
6. Слюсарев, В. Н. Современное состояние почв Северо-Западного Кавказа / В. Н. Слюсарев, Л. М. Онищенко, А. В. Осипов // Тр. Кубанского ГАУ, 2013. – № 42. – С. 99–103.
7. Терпелец, В. И. Изменение свойств и гумусного состояния чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности / В. И. Терпелец, В. Н. Слюсарев, А. В. Бузоверов, А. В. Осипов, Т. В. Швец, Ю. С. Плитинь // Тр. Куб ГАУ, Вып. № 2 (53). – Краснодар: Куб ГАУ. – 2015. – С. 157–162.
8. Фаизова, В. И. Изменение физико-химических показателей ченоземов Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании / В. И. Фаизова, В. С. Цховребов, А. М. Никифорова, Д. В. Калугин // Агрохимический вестник– 2017. – Т. 4 № 4. – С. 17–19.
9. Цховребов, В. С. Влияние внесения горных пород на содержание макроэлементов в черноземе выщелоченном и урожайность подсолнечника / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин // Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения. Материалы международной научно-практической конференции – 2017. – С. 290–293.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОФИЗИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

В. И. ПАНАСИН, д-р с.-х. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»,
г. Калининград, Российская Федерация,
М. И. ВИХМАН, д-р биол. наук,
ФГБУ «Центр агрохимической службы «Калининградский»,
г. Калининград, Российская Федерация,
Д. С. ЧЕЧУЛИН, главный агроном КФХ «Калина»,
г. Черняховск, Российская Федерация

Экологический подход к разработке ландшафтно-адаптивных систем земледелия основывается на учете не только региональных и локальных сочетаний факторов почвообразования, но и реальных технико-экономических возможностей местных производителей сельскохозяйственной продукции.

Специфика природно-климатических условий земледелия на территории Калининградской области по сравнению с другими регионами нечерноземной зоны России обусловлена приморским положением региона и древней земледельческой культурой. Региональные особенности почвообразования – плавный годовой ход температур, длительный период биологической активности, избыточное увлажнение – обуславливают активный вынос тонкодисперсных фракций, продуктов разложения органических веществ и растворимых форм элементов питания из пахотного в нижележащие горизонты почвенного профиля. В результате процессов оподзоливания и лессиважа в дерново-подзолистых почвах на глубине 25–60 см сформировался иллювиальный горизонт. Его мощность и глубина залегания определяются гранулометрическим составом и гумусированностью почв. На легких почвах он более растянут и залегает глубже от поверхности, на суглинистых более компактен и формируется ближе к пахотному горизонту.

Обогащение иллювиального горизонта высокодисперсными илистыми и коллоидными частицами приводит к возрастанию его плотности, снижению фильтрационной способности и ухудшению аэрации. Протекающие в этом горизонте биологические и биохимические процессы носят преимущественно анаэробный характер. В силу этого корневые системы возделываемых культур не проникают в подпахотный горизонт и не используют имеющийся в этом слое потенциал питательных веществ.

На протяжении последнего десятилетия специалистами центра агрохимической службы проведены широкомасштабные исследования по вертикальному распределению элементов питания в почвах области. Для оценки содержания и запасов элементов минерального питания в подпахотном горизонте нами обследовано 8000 га пахотных угодий. Всего было отобрано 1500 образцов дерново-слабоподзолистых окультуренных почв отдельно с глубины 0–20 и столько же с глубины 20–40 см. В выборку вошли почвы от супесчаных до тяжелосуглинистых. Исследования показали, что по отдельным элементам картина выглядит следующим образом.

Для оценки распределения органического вещества и элементов питания по слоям 0–20 и 20–40 см нами предлагается следующая модель: первая группа – когда содержание органического вещества или других элементов питания растений в слое 0–20 см больше, чем в слое 20–40 см; вторая группа – содержание этих ингредиентов в обоих слоях близки; третья группа – содержание органического вещества и элементов питания в горизонте 20–40 см выше, чем в 0–20 см.

Согласно предложенной градации около 76 % исследованных почв по содержанию органического вещества относятся к первой группе, 18 % – ко второй и 6 % – к третьей. Как правило, близкие значения содержания органического вещества в пахотном и подпахотном горизонтах наблюдаются в почвах супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава, а в тяжелых почвах содержание гумуса в подпахотном горизонте существенно ниже, чем в пахотном.

Интересная закономерность прослеживается при анализе распределения показателей кислотности почв (табл.).

Распределение $pH_{КС}$ в горизонтах 0–20 и 20–40 см, % от обследованных площадей

Гранулометрический состав	Группы		
	I	II	III
Супесчаный	21,2	34,5	44,3
Легкосуглинистый	28,1	39,3	32,6
Среднесуглинистый	31,2	38,5	30,3
Тяжелосуглинистый	37,8	22,4	39,8

Во вторую и третью группы, как правило, входят почвы, развитые на карбонатных породах, а также известкованные в прошлые годы относительно высокими дозами химических мелиорантов. Учитывая, что между pH_{KCl} и суммой поглощенных оснований наблюдается тесная прямая корреляционная связь, аналогичная закономерность прослеживается и для суммы поглощенных оснований.

По содержанию подвижного фосфора к первой группе относится около 45 % почв, ко второй – около 29 %, к третьей – около 26 %; по содержанию подвижных форм калия первая группа составляет 41 %, вторая – 40 %, третья – 19 %.

В результате длительного землепользования на фоне известкования кислых почв, применения органических и минеральных удобрений на пашне сформировалось специфическое распределение микроэлементов. По содержанию бора к первой группе относятся около 30 % почв, ко второй – около 45 %, к третьей – около 25 %. По содержанию молибдена выявлена аналогичная закономерность. Медь и марганец чаще накапливаются в подпахотном горизонте: по меди к первой группе относится 22 % почв, ко второй – 44 %, к третьей – 34 %; по марганцу – 15, 38 и 47 % соответственно. Цинк и кобальт, как правило, распределены относительно равномерно: к первой группе относится 27 % почв по кобальту и 31 % по цинку, ко второй – 53 и 51 %, к третьей – 20 и 18 % соответственно.

Необходимым условием включения элементов питания из нижних горизонтов почвенного профиля в биологический круговорот является проникновение корневой системы растений в эти горизонты. Факторами, лимитирующими глубину распространения корневых систем, являются биологические особенности возделываемых культур, повышенная плотность подпахотного горизонта и в некоторых случаях неблагоприятный окислительно-восстановительный режим. Устранение этих неблагоприятных факторов приведет к возрастанию мощности корнеобитаемого слоя, повышению адсорбирующей и поглощающей поверхности корневых систем, увеличению обеспеченности растения элементами минерального питания и, как следствие, росту урожайности. В связи с этим наиболее энергоресурсосберегающим агротехническим приемом представляется рыхление подпахотного горизонта.

В результате этого агроприема происходит разрушение уплотненного подпахотного слоя обеспечивается его хорошая аэрация, анаэробные процессы трансформируются в аэробные, многие элементы питания из закисного состояния переходят в окисное. Это позволяет корневым системам возделываемых культур проникать в нижние горизонты со стабильной влажностью и использовать питательные элементы из этих горизонтов.

Для оценки влияния рыхления подпахотного горизонта на урожайность и качество зерна озимой пшеницы нами были проведены производственные опыты.

Результаты опытов свидетельствуют, что рыхление подпахотного горизонта позволяет существенно снизить дозы минеральных удобрений; на почвах третьей группы – на 30 %, а второй – 20 %, при этом достигается высокая урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Полученные результаты показали, что двухъярусное обследование весьма актуально для хозяйств с многолетней интенсивной системой земледелия. При установлении распределения элементов питания по третьему или второму типу, когда содержание элементов питания в подпахотном горизонте выше, чем в пахотном или равновелико, весьма целесообразно рыхление подпахотного горизонта.

Масса и адсорбирующая поверхность корневых систем зависит от глубины рыхления подпахотного горизонта, которая в свою очередь определяется гранулометрическим составом почв. На легкосуглинистых почвах она может составлять 33–35 см, на среднесуглинистых – 30–32 см, на тяжелосуглинистых и глинистых – 27–29 см. Оптимальная периодичность рыхления также различается. В первом случае оно проводится один раз в 3 года, во втором – раз в 2 года. На тяжелых почвах рыхление целесообразно проводить ежегодно.

После дважды проведенного рыхления на указанную глубину последующее рыхление следует углубить: на легкосуглинистых до 37–39 см, среднесуглинистых – 35–37 и на тяжелых почвах – до 33–34 см. В последующие годы корректировать глубину рыхления можно на основе материалов двухъярусного обследования почв, которое должно стать обязательным условием научного сопровождения при внедрении интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ КУРИНОГО ПОМЁТА НА УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО СЕМЯН ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Т. Ф. ПЕРСИКОВА, д-р с.-х. наук, профессор,
М. В. ЦАРЁВА, канд. с.-х. наук, доцент,
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Птичий помёт характеризуется высокой насыщенностью биогенными элементами: азотом, фосфором и калием. При высоких дозах внесения куриного помёта в почву и ее корнеобитаемом слое может возникнуть избыточное насыщение биогенными элементами, что ведет к нарушению сложившегося равновесия и развитию ряда негативных процессов. Так при внесении больших доз наблюдается закрепление фосфатов в почве и последующее их накопление до аномальных величин. По мере увеличения обеспеченности почвы фосфором снижается фиксирующая способность почв в отношении этого элемента и вместе с этим увеличивается его подвижность и миграционная способность. Вместе с фосфором в почве увеличивается содержание обменного калия, избыток которого также является одним из факторов неблагополучия. Калий блокирует усвоение растениями магния и может привести к заболеванию животных. Аммонийный азот, содержащийся в птичьем помете, хорошо поглощается почвенно-поглощающим комплексом и слабо вымывается из почвы. Однако он подвергается процессу нитрификации. Образующиеся в результате нитраты и нитриты обладают высокой миграционной способностью и могут вымываться в грунтовые воды, загрязняя их. Увеличивается также содержание их в сельскохозяйственных растениях. Благодаря высокой концентрации органических компонентов и их постепенному высвобождению птичий помёт оказывает влияние на урожай и в последующие 2–3 года.

Исследования по изучению последствий куриного помёта на урожайность и качество урожая горчицы белой на дерново-подзолистой почве проводились в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» и на кафедре почвоведения УО БГСХА.

Поголовье птицы в хозяйстве – 2 млн 889 голов в т.ч. 2 млн 784 тыс. бройлеров, взрослых кур – 105 тыс., несушек – 94 тыс. Выход птичьего помета в месяц колеблется от 10 до 11 тыс. тонн, в год составляет более 120000 т.

Для изучения возможностей реабилитации почв, вследствие длительного внесения высоких доз птичьего помета, с целью установления последствий куриного помёта на урожайность семян горчицы белой заложены опыты на дерново-подзолистой связносупесчаной и среднесуглинистой почве. Предшественник – яровая пшеница, где применяли органоминеральную систему удобрения и было внесено 40 т/га куриного помёта. Под горчицу белую перед посевом внесено $N_{60}P_{40}K_{120}$. Из азотных удобрений применяли мочевины ($CO(NH_2)_2$ – 46 % д.в.; сульфат аммония – 20,5 % д.в., фосфорных – аммофос ($NH_4H_2PO_4$) – N:P 12:52 % д.в), из калийных хлористый калий (KCl) – 60 % д.в.. Сорт горчицы белой – Елена. Определение основных элементов питания в семенах и соломе горчицы белой проводили общепринятыми методами.

Горчица белая (*Sinapis alba*) – это однолетнее растение из семейства крестоцветных. Её выращивают в качестве кормовой культуры или как сидерат. Растение подходит для легких (песчаных), средних (суглинистых) почв, предпочитает хорошо дренированные участки, ей требуется более рыхлая структура. Горчица требует много влаги для оптимального роста – у неё поверхностная корневая система, поэтому не так хорошо растет в засушливые периоды без поливов (почва не должна сильно пересыхать).

Перед посевом горчицы почва была высоко обеспечена подвижным фосфором (262 мг/кг), имела повышенное содержание обменного калия (282 мг/кг), избыточное – подвижной меди (6,78 мг/кг) и цинка (13,86 мг/кг), фоновое – подвижного свинца (3,31 мг/кг) и кадмия (0,05 мг/кг). Урожайность семян горчицы белой составила на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве – 18,1 ц/га, на дерново-подзолистой связносупесчаной почве – 19,0 ц/га (табл. 1).

Урожайность горчицы белой с учётом последствий удобрения предшественника (контроль, без удобрений) колебалась от 15 ц/га на среднесуглинистой почве до 14 ц/га на связносупесчаной почве.

Применение минеральных удобрений увеличило урожайность на 3,0 ц/га на среднесуглинистой почве, на 5,0 ц/га на связносупесчаной. Масса 1000 семян на связносупесчаной почве составила на контроле 7,02 г, при внесении удобрения 7,18 г, среднесуглинистой 7,13 и 7,25 г соответственно; содержание масла 42,1 и 43,3 % на связносупесчаной, 41,2 и 43,18 % на среднесуглинистой почве; содержание сырого протеина 31,3 и 31,2 % связносупесчаной и 31,3 и 31,8 % среднесуглинистой (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность и качество семян горчицы белой

Варианты опыта	Влаж-ность, %	Урожайность семян, ц/га		Масса 1000 зерен, г	Содержание масла, %	Энергия прорастания, %	Сырой прот., %
			+— к контр				
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва							
Без удобрений	6,89	14,0		7,02	42,06	85,00	31,25
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	7,02	19,0	+5,0	7,18	43,25	86,00	32,08
НСР ₀₅			1,97				
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва							
Без удобрений	6,98	15,0		7,13	41,24	81,00	31,27
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	7,12	18,1	+3,0	7,25	43,18	88,00	31,75
НСР ₀₅			1,72				

Анализ химического состава показал, что содержание азота, фосфора, калия, кальция, магния, меди, цинка, марганца, железа, свинца больше в семенах горчицы белой чем в соломе не зависимо от гранулометрического состава почвы (табл. 2).

Таблица 2. Содержание элементов питания в семенах и соломе горчицы белой

№ п/п	Варианты опыта	%					мг/кг					Mn
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Fe	Pb	Cd	
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва												
Семена												
1	Без удобрений	4,33	2,24	0,75	0,54	0,43	6,14	66,45	48,38	1,28	0,014	23,47
2	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	4,78	2,96	1,06	0,67	0,59	6,54	67,78	49,76	1,45	0,018-	28,75
3	НСР ₀₅	0,268	0,276	0,215	0,107	0,102	0,183	0,612	0,832	0,053	0,0012	2,067
Солома												
4	Без удобрений	0,29	0,29	0,74	0,46	0,19	4,49	49,51	15,10	0,93	–	9,49
5	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	0,47	0,39	0,96	0,64	0,42	5,12	53,25	16,58	1,14	–	10,79
6	НСР ₀₅	0,135	0,008	0,130	0,101	0,152	0,324	1,254	0,623	0,103	–	0,124
Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва												
Семена												
1	Без удобрений	3,78	2,04	0,57	0,47	0,42	5,64	62,85	42,68	1,02	0,004	21,67
2	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	4,35	2,52	0,76	0,64	0,51	6,03	65,18	44,96	1,12	0,007	25,36
3	НСР ₀₅	0,104	0,106	0,113	0,071	0,026	0,034	0,114	0,735	0,131	0,0007	1,217
Солома												
4	Без удобрений	0,19	0,32	0,62	0,38	0,15	4,69	42,91	17,40	0,73	–	10,37
5	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	0,37	0,59	0,86	0,54	0,38	5,42	48,27	19,78	0,89	–	11,74
6	НСР ₀₅	0,135	0,068	0,161	0,091	0,072	0,024	2,254	0,102	0,031	–	0,044

Таким образом, в семенах и соломе горчицы белой содержится значительное количество основных элементов питания и тяжёлых металлов, что следует учитывать при использовании данной культуры в качестве фитосанитара.

Удельный вынос горчицей основных элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции при минеральной системе удобрения на дерново-подзолистой связносупесчаной почве составляет: азота – 57,20; фосфора – 37,40; калия – 29,80; кальция – 19,50; магния – 14,30 кг; меди – 16,6; цинка – 174,3; железа – 829; марганца – 61; свинца – 4,7; кадмия – 0,18 г/т. На среднесуглинистой почве вынос составляет: азота – 50,90; фосфора – 37,00; калия – 24,80; кальция – 17,20; магния – 12,70 кг/т; меди – 16,9; цинка – 161,7; железа – 845; марганца – 49; свинца – 2,9; кадмия – 0,07 г/т (табл. 3).

Таблица 3. Удельный вынос горчицей белой основных элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции

Варианты опыта	С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг					С 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, г					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Cd
дерново-подзолистая связносупесчаная почва											
Без удобрений	49,1	28,2	22,3	14,6	8,1	14,9	165,5	786	42,5	4,4	0,14
N ₆₀ P ₄₀ K ₇₀	57,2	37,4	29,8	19,5	14,3	16,6	174,3	829	60,9	4,7	0,18
дерново-подзолистая среднесуглинистая почва											
Без удобрений	41,6	26,18	18,3	12,3	7,2	15,0	154,7	755	42,4	2,5	0,04
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	50,9	37	24,8	17,2	12,7	16,9	151,7	845	48,8	2,9	0,07

С урожаем горчицы белой выносятся значительное количество основных элементов питания. Культура является хорошим фитосанитаром и хорошо использует последствие куриного помёта.

Таблица 4. Баланс элементов питания при выращивании горчицы белой

Статьи баланса	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
Дерново-подзолистая связноупесчаная почва										
Приход (кг/га) всего	94,4	72,7	180,7	25,3	5,0	2,03	4,16	67,0	0,99	
Расход (кг/га) всего	150,6	73,2	79,6	107,1	41,2	0,032	0,33	0,12	0,089	
Баланс	-56,2	-0,5	101,1	-81,8	-36,8	2,0	3,83	66,9	0,90	

Как показали, расчёты баланс элементов питания при выращивании горчицы белой с учётом последствия куриного помёта, отрицательный по азоту, фосфору, кальцию и магнию и положительный по содержанию микроэлементов (табл. 4).

Следовательно, с целью реабилитации почв, выведенных из состояния экологического равновесия вследствие длительного внесения высоких доз птичьего помёта с учётом выноса макро- и микроэлементов горчицей белой, эту культуру в севообороте следует высевать на семена и как промежуточную – фитосанитар.

ЛИТЕРАТУРА

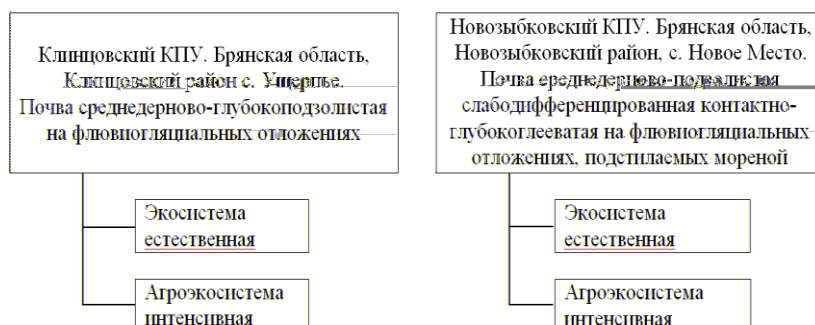
1. Еськов, А. И. Техническое обеспечение использования органических удобрений / А. И. Еськов, В. В. Рябов // Агрохимический вестник. – 2013. – №4. – С. 13–15.
2. Каменев, Р. А. Проблемы использования птичьего помёта в земледелии Ростовской области и пути их решения / Р. А. Каменев // Зерновое хозяйство России. – 2013. – №6 (30). – С. 44–47.
3. Лысенко, В. П. Птичий помёт – отход или побочная продукция / В. П. Лысенко // Птицеводство. – 2015. – №6. – С. 55.
4. Мерзлая, Г. Е. Ресурсы птицефабрик для производства органических удобрений / Г. Е. Мерзлая, В. П. Лысенко // Агрохимический вестник. – 2005. – №3. – С. 12–13.
5. Перськова, Т. Ф. Влияние различных доз удобрений на основе куриного помёта на качество основной и побочной продукции пшеницы яровой / Т. Ф. Перськова, Т. Н. Мыслыва, М. В. Царева / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми підвищення родючості ґрунтів та застосування агрохімічних засобів в агрофітоценозах (Дубляни, 7-9 июня 2017 г.). – Дубляни: ЛНАУ, 2017. – С. 221–228.
6. Русакова, И. В. Воспроизводство плодородия почв на основе использования возобновляемых биоресурсов / И. В. Русакова // Агрохимический вестник. – 2013. – №4. – С. 7–12.
7. Филиппенко, И. В. Действие и последствие разных доз помёта кур на урожай культур звена севооборота / И. В. Филиппенко, Н. Г. Бачило // Пути повышения урожайности полевых культур: Межвед. темат. сб. – Минск: Ураджай, 1981. – Вып. 11. – С. 85–89.

УДК 631.4

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕГКИХ ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АГРАРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОСТОЧНОГО ПОЛЕСЬЯ

Е. В. ПРОСЯННИКОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
ФГОУ ВПО «Брянский государственный аграрный университет»,
с. Кокино Брянской области, Российская Федерация

Исследования проводили в центральной части Восточного Полесья. Система объектов исследования следующая:



Каждый ключевой почвенный участок (КПУ) состоял из 1–3 опорных почвенных площадок, которые имели площадь по 25–30 м², были расположены в непосредственной близости на одном и том же элементе рельефа и различались по степени агрогенного воздействия на почву: 1) экосистема естественная, 2) агроэкосистема интенсивная. В качестве моделей экосистем естественных использовали многолетние (около 60 лет) залежные площадки Клинцовского и Новозыбковского КПУ. Агроэкосистемы интенсивные располагались на полях одноименных госсортоучастков и отличались как сменой сообществ организмов, так и интенсивным воздействием на почву сельскохозяйственных машин, орудий и вовлечением в биологический круговорот больших масс химических веществ, ранее не свойственных данной территории. В почвы агроэкосистем интенсивных с агрохимикатами (минеральные удобрения, пестициды) поступает больше поллютантов, накапливается больше их метаболитов.

На каждой площадке КПУ закладывали основной полнопрофильный почвенный разрез и несколько прикопок. В них проводили подробное макро- и мезоморфологическое изучение почвенных профилей, отбирали микромонолиты для микроморфологического анализа и образцы с ненарушенным сложением в 6-кратной повторности для определения плотности почвы. Смешанные образцы почвы для лабораторных исследований отбирали в 3–4 местах со стенок разреза во всей толще верхнего и посредине остальных генетических горизонтов. Почвенные образцы для лабораторных исследований подготавливали по соответствующим методикам и ГОСТам.

Одним из показателей гумусного состояния является мощность гумусного профиля почвы. Её определяют суммированием мощности всех содержащих гумус генетических горизонтов сверху вниз. Тип гумусного профиля диагностировали следующим образом: 1) содержание гумуса постепенно убывает с глубиной, что свидетельствует об интенсивном гумусообразовании; 2) при максимальном содержании гумуса в верхнем горизонте оно резко уменьшается с глубиной, что указывает на снижение интенсивности гумусообразования и неблагоприятные условия для развития корней травянистых растений; 3) чётко видны два максимума распределения гумуса – в верхнем горизонте, а затем, после резкого снижения, вновь его повышение, что обусловлено иллювинованием водорастворимых органических веществ вниз по профилю.

В обеих изучаемых естественных почвах мощность гумусного профиля составляет соответственно 34 и 23 см. Интенсивное агрогенное использование второй изучаемой почвы увеличило мощность гумусового профиля до 34 см (таблица). Попытка использовать этот показатель для диагностики элементарного почвенного процесса (ЭПП) гумусообразования в изучаемых почвах показала, что его целесообразнее использовать для определения типа почвообразования, характеризующего строение всего почвенного профиля.

Содержание общего углерода в изучаемых почвах определяли по методу И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова. Умножая эту величину на 1,724, рассчитывали содержание гумуса в горизонтах, обогащённых органическим веществом. Содержание гумуса в верхнем гумусном горизонте исследуемых почв использовали для диагностики ЭПП гумусообразования. Для дерново-подзолистых супесчаных почв применяли следующие градации содержания гумуса [1]: < 0,3–0,8 % – меньше минимального; 0,8–1,5 % – слабогумусированные; 1,5–2,3 % – среднегумусированные; > 2,3 % – сильногумусированные.

В среднедерново-глубокоподзолистой супесчаной почве на флювиогляциальной супеси величины содержания гумуса несколько ниже, чем в среднедерново-слабоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почве на флювиогляциальном связном песке, подстилаемом супесчаной мореной. Интенсивное аграрное использование обеих почв заметно снижает этот показатель (таблица).

Гумусное состояние легких почв Восточного Полесья

Генетический горизонт, его глубина, см	Содержание, %		Запас гумуса, т/га	Содержание углерода, % к Собщ			С _{гк} С _{фк}	Биомасса микробиоты,		
	углерода общего (Собщ)	гумуса		гуминовых кислот (Сгк)	фульвокислот (Сфк)	негидролизую- щего остатка		Мкг С в 1 г почвы	% к естественной почве	
Почва среднедерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальной супеси										
A1	2–15	1,2	2,1	40	20	39	41	0,5	201	100
A2A1	15–34	0,5	0,9	28	30	28	42	1,1	170	
Почва дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальной супеси окультуренная среднепахотная										
Aa	0–30	0,8	1,4	67	30	29	41	1,0	56	28
Почва среднедерново-слабоподзолистая слабодифференцированная контактно-глубокоглееватая супесчаная на флювиогляциальном связном песке, подстилаемом супесчаной мореной										
A1	2–15	1,7	2,9	49	23	27	50	0,9	133	100
A2A1	15–23	0,8	1,4	17	22	30	48	0,8	145	
Почва дерново-подзолистая слабодифференцированная контактно-глубокоглееватая супесчаная на флювиогляциальном связном песке, подстилаемом супесчаной мореной, окультуренная глубокопахотная										
Aa	0–34	0,9	1,6	76	25	25	50	1,0	86	78

Обогащение гумусом верхней части почвенного профиля дерново-подзолистых почвах обуславливает ЭПП гумусонакопления. Термин характеризует только процесс увеличения содержания или запаса гумуса в почве, но не их абсолютные уровни. Во избежание путаницы не следует этот термин подменять словом «гумификация». Запас гумуса – это его общее количество, вычисленное для площади 1 га в естественных дерново-подзолистых почвах в объеме гумуссодержащих горизонтов, а в дерново-подзолистых почвах агроэкосистем интенсивных – в объеме агрогоризонта Аа.

Необходимость введения понятия «запасы гумуса» вызвана тем, что величина содержания гумуса не может быть достаточно надежным показателем темпа гумусонакопления или потерь гумуса как природными почвами, так и почвами окультуренными. Особенно большие погрешности, сопровождаемые некорректными выводами, возникают при попытках оценить изменение содержания гумуса после распашки целинных почв. Запасы гумуса 150–100 т/га оценивают как средние, 100–50 – как низкие, менее 50 – как очень низкие [2].

В обеих изучаемых естественных почвах средневзвешенный запас гумуса в гумусных горизонтах очень низкий: в первой почве 33 т/га, во второй – 37 т/га. Интенсивное аграрное воздействие увеличивает в агрогоризонте этих почв запас гумуса, соответственно до 67 и 76 т/га, но все равно эти величины оцениваются, как низкие (таблица).

Всевозможные органические остатки превращаются в специфические гумусовые вещества почвенного гумуса в результате ЭПП гумификации. Для его диагностики используют показатель степени гумификации. В ГОСТ 27593-88 степень гумификации определена как отношение количества углерода гуминовых кислот к общему количеству органического углерода почвы, выраженное в процентах. При 40–30 % степень гумификации высокая, 30–20 % – средняя, 20–10 % – слабая [2].

В гумусных горизонтах обеих изучаемых естественных почв степень гумификации органических веществ средняя, так как варьирует в пределах 30–20 %. Тип гумуса гуматно-фульватный. Интенсивное аграрное воздействие на эти почвы инициирует тенденцию к увеличению степени гумификации и улучшению типа гумуса (таблица).

В. В. Докучаев первый связал процессы почвообразования с жизнью и деятельностью почвенных организмов. В. И. Вернадский подчеркивал, что «живое вещество» само создает почву. Процесс минерализации органического вещества почвы, то есть различных органических остатков и гумуса, называемый ЭПП дегумификации, не образует признаков в твердой фазе почвы, поэтому судить о скорости его протекания рекомендуют по такому косвенному показателю, как активность почвенной биоты [3].

По мнению С. Н. Виноградского [4], «плотность микроорганизмов пропорциональна их активности». А чем они активнее, тем интенсивнее протекает круговорот веществ в почве. Микробиота поддерживает гомеостаз почвы. Благодаря малым размерам микроорганизмы имеют большую относительную поверхность контакта со средой обитания. Высокие скорости размножения и роста дают возможность в короткий срок проследить за действием любого экологического фактора в течение десятков и даже сотен поколений. Ответные реакции микроорганизмов быстрые и чувствительные и касаются различных сторон их жизнедеятельности – роста, морфологического строения, накопления ими химических элементов, активности звеньев метаболических процессов, состояния регуляторных процессов в организмах. Реакции микроорганизмов на изменения факторов окружающей среды проявляются как на экосистемном, так и на популяционном уровне. На экосистемном они выражаются в изменении количественного и качественного состава сообщества. Реакции микроорганизмов на популяционном уровне выражаются в изменении кинетики их роста и развития в зависимости от определенных экологических условий. Чувствительность и высокая индикационная способность микроорганизмов позволяют избрать их в качестве инструмента мониторинга антропогенных изменений почвы [5].

Биомассу микробиоты в почвах Восточного Полесья определяли в свежих почвенных образцах регидратационным методом. Увеличение биомассы рассматривали как косвенный показатель усиления ЭПП дегумификации.

В естественной среднедерново-глубокоподзолистой супесчаной почве на флювиогляциальной супеси дегумификация протекает значительно активнее, чем в естественной среднедерново-слабоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почве на флювиогляциальном связном песке, подстилаемом супесчаной мореной. Интенсивное аграрное воздействие на обе почвы заметно снижает дегумификацию, причем во второй почве – сильнее (таблица).

Итак, в Восточном Полесье гумусное состояние легких почв естественных экосистем и интенсивных аграрных экосистем обусловлено их генезисом, который при прочих одинаковых условиях зависит от почвообразующей и подстилающей породы, а также агрогенного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов, В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
2. Орлов, Д. С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, Н. И. Суханова. – М.: Наука, 1996. – 256 с.
3. Черкинский, А. Е. ЭПП метаморфизма органического вещества / А. Е. Черкинский // Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. – М.: Наука, 1992. – С. 44–58.
4. Виноградский, С. Н. Микробиология почвы / С. Н. Виноградский. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 792 с.
5. Никитина, З. И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. / З. И. Никитина. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 222 с.

УДК 574.24

АККУМУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ПО ОТНОШЕНИЮ К НИТРАТАМ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Е. П. ПРОЦЕНКО, д-р с.-х. наук, профессор,
Н. П. НЕВЕДРОВ, канд. биол. наук, ст. преп. кафедры биологии и экологии,
Г. И. СМИЦКАЯ, студентка естественно-географического факультета,
ФГБОУ ВО Курский государственный университет,
г. Курск, Российская Федерация

В современном мире возникает глобальная проблема, связанная с занитрачиванием масштабных площадей пашни вблизи свинокомплексов, птицефабрик и ферм КРС.

Эта проблема обостряется, вследствие стремительных темпов производства животноводческой продукции и нерегулируемого применения органических стоков животноводческой отрасли в целях удобрения пахотных угодий [1]. Загрязнение почв нитратами приводит к поступлению их в сельскохозяйственные растения, грунтовые и поверхностные воды, а через них в организм человека [2].

Стратегические разработки технологий снижения концентраций нитратов в производимой сельскохозяйственной продукции напрямую связаны с поддержанием качества почвенного покрова.

Целью нашей работы являлось изучение аккумулирующей способности ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) и редьки масличной (*Raphanus sativus* var. *oleifera*) по отношению к нитратному азоту в серых лесных почвах, а также рассмотрение использования данных видов растений в качестве фиторемедиантов почв.

Одним из перспективных способов снижения концентраций нитратного азота в почвах является фиторемедиация. Растения с высокой нитратредуктазной активностью способны отчуждать большие количества нитратов со своей биомассой из загрязненного агроценоза [3]. В связи с этим представляется актуальным поиск гипераккумуляторов нитратов в целях ремедиации загрязненных агроценозов.

Исследование проводилось в полевых условиях агробиостанции Курского государственного университета с применением мелкоделяночного опыта в вегетационные периоды 2017–2018 годов. Почвенный покров опытного участка представлен агросерыми среднесуглинистыми почвами.

Выбор культур-фиторемедиантов (редьки масличной и ячменя обыкновенного) был обусловлен высокой активностью фермента нитратредуктазы и относительной толерантностью данных растений к высоким концентрациям нитратов в почве [4]. Также проводился сравнительный анализ аккумулирующей способности с некоторыми сельскохозяйственными культурами.

Содержание нитратов в побегах редьки масличной и ячменя обыкновенного определялось ионометрическим методом с использованием иономера рХ-150МИ [5].

Данные о содержании нитратов в побегах и биологическом выносе исследуемых культурных растений при фоновом содержании нитратного азота в почве, а также растительных продуктах питания [6] (в образцах овощей, выращенных на территории частного фермерского хозяйства в Московской области) представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание нитратов в культурных растениях и их биологический вынос

Растение	Содержание NO ₃ мг/кг	Биологический вынос, кг/га
Редька масличная	274,6	10,1
Ячмень обыкновенный	58,4	2,61
Перец сладкий*	46,1*	2,31
Огурцы*	91,9*	1,84
Морковь поздняя*	29,7*	1,19
Картофель*	38,5*	0,15

* – Результаты определения содержания нитрат-ионов в образцах овощей, выращенных на территории Московской области (частное фермерское хозяйство) [5].

Отмечено, что биологический вынос нитратного азота побегами редьки масличной и ячменя обыкновенного гораздо выше, чем в растительных продуктах, выращенных на частном фермерском хозяйстве (табл. 1). Максимальный вынос нитратов характерен для редьки масличной, он в 4 раза выше, чем у ячменя и в 67 раз выше, чем у картофеля.

Наибольшее содержание NO₃⁻ в побегах редьки и ячменя зафиксировано в варианте с дозой загрязнения 3 ПДК (табл. 2). Это обусловлено очень высокими показателями синтезированной биомассы исследуемых культурных растений, а также мощной аккумулирующей способностью по отношению к нитратам, проявленной в этих условиях.

Таблица 2. Накопления нитратов побегами редьки масличной и ячменя обыкновенного

№	Растение	Содержание NO ₃ мг/кг сырой массы при 3 ПДК	Биологический вынос, кг/га
1	Редька масличная	720,0	28,6
2	Ячмень обыкновенный	861,25	34,44

Анализируя эффективность применения фиторемедиационного метода в целях очистки почв от загрязнений нитратной формой азота, заметили, что содержание нитратов в побегах увеличивается с возрастанием дозы загрязнения до 3 ПДК, что говорит о ремедиационном потенциале масличной редьки и ячменя обыкновенного.

Полученные экспериментальные данные свидетельствует о том, что редьку масличную и ячмень обыкновенный перспективно использовать в качестве фиторемедиантов загрязненных нитратами агросерых почв.

Ранее авторами отмечено [7], что фитоэкстрагирующая способность исследуемых культур заметно варьирует при изменении дозы нитратного загрязнения и эффективность фиторемедиации, оцениваемая по выносу нитратов с надземной фитомассой заметно изменяется. У ячменя обыкновенного биологический вынос колеблется в пределах 1,3–4,5 % от содержания нитратов в почве. Редька масличная выносит от 6,2 до 35,5 % нитратного азота и может применяться как пожнивная культура.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлева, В. Ф. Токсичность нитратов и нитритов / В. Ф. Журавлева, М. М. Цапков // Гигиена и санитария. – 1983. – № 1. – С. 60–69.
2. Проценко, Е. П. Транслокационная и аккумуляционная способности *Hordéum vulgare* по отношению к нитратному азоту / Е. П. Проценко, Н. П. Неведров, Т. В. Березуцкая, М. В. Протасова, Е. В. Иванова // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2016. – № 3 (11).
3. Неведров, Н. П. Транслокационная и аккумуляционная способности *Hordéum vulgare* по отношению к нитратному азоту / Е. П. Проценко, Т. В. Березуцкая, М. В. Протасова, Е. В. Иванова // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2016. – № 3 (11).
4. Проценко, Е. П. Аккумуляция нитратного азота органами редьки масличной *Raphanus sativus* var. *oleifera* в условиях модельного загрязнения / Н. П. Неведров, Н. Ю. Неведрова // Актуальные проблемы почвоведения экологии и земледелия. Сборник докладов научно-практической конференции с международным участием Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева». – Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2016. – С. 256–257.
5. Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. 2-е изд., переработ. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
6. Чернова, Н. С. Определение содержания нитратов в овощах и соках для детского питания методом прямой ионометрии / Н. С. Чернова, О. Ю. Елиференко, В. И. Неделькин, Б. А. Зачернюк, Е. Н. Соловьева // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – С. 37–41.
7. Смицкая, Г. И. Фиторемедиация загрязненных нитратами агросерых почв Курской области / ЛОМОНОСОВ-2018: XXV Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Секция «Почвоведение»: 9–13 апреля 2018 г. Тезисы докладов / Сост. Л. А. Поздняков. – Москва: МАКС Пресс, 2018. – С. 176–177.

ЧИСЛЕННОСТЬ НОГОХВОСТОК И ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ В ЧЕРНОЗЕМАХ ТИПИЧНЫХ РАЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

С. В. РЕЗНИК, аспирант каф. почвоведения,
Д. В. ГАВВА, канд. с.-х. наук,
Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,
г. Харьков, Украина

Последнее время активно обсуждаются возможности и проблемы органического земледелия. Основной идеей которого является «живая земля». Ведь восстановление и поддержание плодородия почв в огромной мере зависит от животных и микроорганизмов, живущих в ней. Отсюда можно сделать вывод о необходимости изучения биологических параметров почв. К тому же изучение зоомикробных сообществ и процессов деструкции, что протекают в почве, позволит лучше понимать и регулировать процессы разложения растительных остатков и вносить необходимые корректировки в системы удобрения. Как правило производственная деятельность человека негативно влияет на экосистему особенно в случае пахотных земель, когда происходит коренное изменение всего биогеоценоза [1, 2]. Во время оборота пласта разрушается среда обитания различных организмов, многие из которых в результате этого погибают. А те, что не погибли сразу, погибают со временем от обезвоживания или становятся пищей для птиц [3]. Такая неестественная ситуация приводит к уничтожению почвенной фауны, которая необходима для поддержания плодородия почвы. Стоит помнить, что именно при активном участии животных и насекомых, разложение структурных компонентов опада идет гораздо быстрее, чем без них поскольку они измельчают органические остатки, тем самым увеличивая реакционную площадь, а также являются носителями микроорганизмов, причиной микробиологической сукцессии [4, 5]. Также беспозвоночные осуществляют постоянные миграции между подстилкой и почвой, способствуя перемещению органики по профилю [6, 7, 8]. Таким образом, исследуя почвенную фауну различных агроценозов, мы можем судить о ее важности в процессах почвообразования и поддержании плодородия.

Исследования биогенности черноземов типичных глубоких тяжелосуглинистых на лёссе проводились при различных системах земледелия. Для исследований были выбраны черноземы типичные Юго-восточной Лесостепи Украины, где исследовались такие варианты: 1. Озимая пшеница (интенсивная система земледелия). 2. Перелог (70 лет). 3. Дуб. 4. Сосна. 5. Озимая пшеница (органическая система земледелия) предшественником которой была вико яровая – сидерат. 6. Кукуруза на зерно (органическая система земледелия). 7. Перелог (20 лет). 8. Кукуруза на зерно (интенсивная система земледелия).

Отбор образцов проводился в первой декаде мая методом режущего кольца цилиндрами Н. А. Качинского. Сбор материала, транспортировки, выгонка колембол и орибатид из проб и их фиксацию проводили по общепринятым методикам почвенно-зоологических исследований [9]. Количество микроартропод была перечислена на 1 дм³ в соответствующем слое почвы.

Проанализировав полученные данные, следует отметить, что численность микроартропод тем больше чем больше, свежих органических остатков в слое почвы. Также важную роль играют влажность и температура почвы. Эти закономерности проявляются в варианте перелог (20 лет), где были зафиксированы самые низкие средние показатели численности колембол 11 экз/дм³ и орибатид 35 экз/дм³ в слое почвы 0–40 см несмотря на самую высокую влажность 25,15 % среди исследуемых вариантов и значительное количество растительных остатков, но в тоже время низкой температурой почвы 16,9 °С. А самой высокой средней численностью микроартропод среди агроценозов характеризовался вариант озимая пшеница (органическая система земледелия) 20 экз/дм³ колембол и 87 экз/дм³ орибатид, где почва прогрелась лучше 18,1°С.

На основе анализа полученных данных (табл. 1) следует отметить, что средняя численность колембол в слое 0–40 см в условиях агрогенного использования колебалась в пределах 9–20 экз/дм³. Варианты постагрогенного использования черноземных почв характеризовались несколько выше средней численностью колембол, особенно варианты дуба (58 экз/дм³) и сосны (37 экз/дм³). С глубиной численность микроартропод снижается.

Наибольшая численность ногохвосток среди агроценозов была зафиксирована в слое 0–10 см в варианте озимая пшеница (органическая система земледелия) – 36 экз/дм³, а наименьшая в варианте озимая пшеница (интенсивная система земледелия) – 21 экз/дм³.

Таблица 1. Средняя численность ногохвосток, экз/дм³

Варианты	Глубины, см				
	0–10	10–20	20–30	30–40	0–40
1. Озимая пшеница (интенсивная система земледелия)	21	7	4	5	9
2. Перелог (70 лет)	71	27	25	5	25
3. Дуб	120	48	27	38	58
4. Сосна	92	32	14	25	37
5. Озимая пшеница (органическая система земледелия)	36	21	9	14	20
6. Кукуруза на зерно (органическая система земледелия)	27	12	6	6	13
7. Перелог (20 лет)	26	7	9	1	11
8. Кукуруза на зерно (интенсивная система земледелия)	25	14	7	9	14

Аналогичные закономерности наблюдались и по численности орибатид, которая в слое 0–40 см колебалась в пределах от 17 экз/дм³ в варианте озимая пшеница (интенсивная система земледелия) до 87 экз/дм³ – озимая пшеница (органическая система земледелия).

По данным табл. 2 численность орибатид в слое 0–10 см среди обрабатываемых почв была самой высокой в варианте озимая пшеница (органическая система земледелия) – 184 экз/дм³ и несколько меньше в вариантах кукурузы на зерно по 74 экз/дм³.

Исключением был вариант кукурузы на зерно (интенсивная система земледелия), где из-за распахки максимальная численность клещей была зафиксирована на глубине 10–20 см и составляла 111 экз/дм³.

Варианты древесных насаждений и самозаростания травами (перелог) характеризовались высокой средней численностью микроартропод в слое 0–10 см (дуб – 108 экз/дм³, перелог (70 лет) – 86 экз/дм³) и резким снижением их численности с глубиной.

Таблица 2. Средняя численность панцирных клещей, экз/дм³

Варианты	Глубины, см				
	0–10	10–20	20–30	30–40	0–40
1. Озимая пшеница (интенсивная система земледелия)	36	12	10	9	17
2. Перелог (70 лет)	86	29	32	6	32
3. Дуб	108	22	11	18	40
4. Сосна	42	26	10	20	15
5. Озимая пшеница (органическая система земледелия)	184	56	45	64	87
6. Кукуруза на зерно (органическая система земледелия)	74	34	37	26	43
7. Перелог (20 лет)	63	31	33	15	35
8. Кукуруза на зерно (интенсивная система земледелия)	74	111	31	25	60

Агрогенное использование приводит к увеличению численности орибатид при одновременном уменьшении популяции колембол. Переложное использования приводит к формированию более стабильного развития популяций с меньшими колебаниями их численности по повторениях и более равномерным их распределением по профилю. Древесные породы дуба и сосны способствовали увеличению общей численности микроартропод с преобладанием численности ногохвосток. Использование органических удобрений и сидератов в севообороте способствовало повышению общей численности микроартропод, особенно орибатид.

Указанные колебания численности микроартропод нужно рассматривать в комплексном сочетании таких показателей, как урожайность сельскохозяйственных культур, влажность и температура почвы, содержание гумуса, pH и тому подобное. Решение этих вопросов возникают предметом дальнейших исследований, что позволит раскрыть направления биологических процессов в условиях агрогенного использования черноземных почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резнік, С. В. Динаміка чисельності мікроартропод у чорноземах типових за умов різного агрогенного та постагрогенного використання / С. В. Резнік, К. Б. Новосад, Д. В. Гавва, Ю. О. Сотников // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». – Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2015. – № 2. – С. 66–76.
2. Резнік, С. В. Жива земля / С. В. Резнік // Овощеводство. – 2017. – №3 (144). – С. 64–65.
3. Тарашук, М. В. Влияние способа обработки почвы на население ногохвосток / М. В. Тарашук, А. М. Малиенко // Почвоведение. – 1992. – № 3. – С. 78–86.
4. Стриганова, Б. Р. Современные аспекты изучения процессов разложения растительных остатков в почве / Б. Р. Стриганова, Л. С. Козловская // Разложение растительных остатков в почве. – М.: Наука, 1985. – С. 5–6.
5. Гиляров, М. С. Разложение растительных остатков в почве / М. С. Гиляров, Б. Р. Стриганова // Разложение растительных остатков в почве. – М.: Наука, 1985. – С. 3–4.

6. Новосад, К. Б. Влияние различного агрогенного та постагрогенного использования черноземов типовых на численность микроартропод / К. Б. Новосад, С. В. Резнік, Д. В. Гавва, Ю. О. Сотников // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». – Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2015. – № 1. – С. 66–72.
7. Резнік, С. В. Влияние различного антропогенного та пост антропогенного использования черноземов типовых на численность микроартропод / С. В. Резнік, Д. В. Гавва / Мат-ли Міжнар. наук.-практ. конф. студ., аспірантів і молодих учених (4-5 листопада 2015 р.). – Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва, Екологічні, економічні та соціальні проблеми розвитку аграрної сфери в умовах глобалізації. – Ч. 1. – Харків, 2015. – С. 105–108.
8. Резнік, С. В. Численність мікроартропод у чорноземах типових агрогенного використання / С. В. Резнік / Мат-ли II Міжнар. наук.-практ. конф. (25-26 жовтня 2018 р.). — Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва, Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. – Харків, 2018. – С. 218–220.
9. Гиляров, М. С. Учет мелких членистоногих (микрофауны) и нематод / М. С. Гиляров // Методы почвенно-зоологических исследований. – М., 1975. – 280 с.

УДК 631.95

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ И СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ КОМПЛЕКСОВ АПК

В. П. РЕЗНИЧЕНКО, канд. с.-х. наук, доцент,
К. В. ВАСИЛЬКОВСЬКА, канд. техн. наук, ст. преподаватель,
Н. Н. КОВАЛЕВ, канд. с.-х. наук, ст. преподаватель,
Центральноукраинский национальный технический университет,
г. Кропивницкий, Украина

К главным проблемам в сельскохозяйственном производстве можно отнести две основных проблемы – это сохранение полезных агроэкологических функций почвы и обеспечение предприятий АПК экологически безопасными максимально неисчерпаемыми источниками энергии.

Основными принципами современного ведения сельского хозяйства является экологичность на всех этапах производства продукции, которая обеспечивает потребителя экологически безопасной и полезной для здоровья населения продукцией. Ради обеспечения решения неотложных вопросов экологической безопасности сельскохозяйственных культур и отходов животноводства, что одновременно может обеспечить возобновление гумусового слоя, а также растительной биомассой и экскрементами, которые будут использоваться для изготовления биогаза.

К одной из таких культур относится козлятник восточный. Козлятник восточный играет важную роль в улучшении баланса азота в земледелии. Благодаря мощной корневой системе, которая проникает глубоко в почву, козлятник восточный менее поддается влиянию воздушной засухи и недостатка влаги в верхнем слое почвы. При благоприятных условиях он в симбиозе с клубеньковыми бактериями способен фиксировать 140–180 кг/а биологического азота из атмосферы, которая составляет в пределах 45–55 % его потребности в этом элементе. При этом с питательными и корневыми остатками в почву приходит 50–75 кг/а симбиотического фиксированного азота воздуха. Это дает возможность уменьшить объемы использования азотных удобрений как под посевы козлятнику восточного, так и следующей культуры, в результате чего снижает себестоимость продукции и энергоемкость производства.

Также

окружающей среды. Повышенная восприимчивость сельскохозяйственных культур к свежему гною приводит к загрязнению грунтовых вод и воздушного бассейна, что создает благоприятную среду для зараженности почвы вредными микроорганизмами. На атмосферу существенно влияет неправильное хранение и использование безподстилочного гноя. При хранении его в открытых емкостях в атмосферу попадает испаряющийся аммиак, молекулярный азот и другие его соединения. Образованные газообразные продукты распада образуют мощный неприятный запах. В гное животных жизнедеятельность болезнетворных бактерий и яиц гельминтов не прекращается, семена сорных трав, которые содержатся в нем, сохраняют свои свойства. Патогенные бактерии хранятся в почве полей орошения в течение 4–6 месяцев. Сельскохозяйственные культуры, которые выращивают на таких полях, заражаются патогенными бактериями. Поэтому при отсутствии надлежащего контроля за его хранением и использованием, создается реальная угроза распространения инфекционных болезней в зоне животноводческих комплексов.

Но, в то же время, отходы биомассы – это ценное сырье для пищевой, химической, перерабатывающей, легкой промышленности и в системах биоконверсии. Использовать ее как горючее необходимо не в последнюю очередь. Следует учитывать, что в процессе хозяйственной деятельности большое количество биомассы остается неиспользованной. Развитие сельскохозяйственного производства и прогресс в нагромождении продуктов питания зависят от грунтовых, водных, энергетических и биологических ресурсов. Если первые три вида ресурсов рассматриваются как ограниченные, то биологические ресурсы можно возобновлять. Первоочередное значение при этом приобретают вопрос улучшения существующих и создания новых высокопроизводительных, стойких к биотическим и абиотическим факторам сортов растений, пород животных, полезных штаммов микроорганизмов. Важную роль в решении этих вопросов занимают биотехнологические методы, которые способствуют превращению сельского хозяйства в высокоэффективную, конкурентоспособную, экологически безопасную отрасль [2].

Гной и растительные остатки – это не только органические удобрения. При рациональном использовании из их массы можно иметь биогаз, бактериальный протеин и экологически чистое удобрение для экологически чистых технологий выращивания полевых культур. Поэтому рядом с традиционным использованием гноя и остатков другой биомассы, в частности биомассы растений, важно их утилизировать с производством биогаза – ценного топлива и бактериального протеина. Такие способы использования растительной биомассы экономически более выгодны и экологически чисты [1, 3].

На современном этапе развивается экологическое направление биотехнологии, которое включает разработанные биотехнологические методы оздоровления и защиты окружающей среды, а также обеспечения экологически чистого безотходного производства. При их помощи происходит утилизация отходов животноводства, в частности навозной биомассы, промышленных, бытовых и растительных остатков путем метанового брожения и вермикюльтивирования. Процесс утилизации с участием метанообразующих микроорганизмов проходит в специальных биогазовых или биоэнергетических установках (БГУ или БЕУ), в которых за счет анаэробной биоконверсии биомассы отходов, получают энергоноситель в виде биогаза и высококачественное обезврежено концентрированное органическое удобрение.

Комплект оборудования БГУ, которое включает резервуар для нагромождения и хранения гноя, ферментатор или реактор, камеру для брожения, метантенк, резервуар, или газгольдер, газосборник, который используется для производства биогаза с применением анаэробной ферментации биомассы гноя или субстрата другого происхождения. БГУ включает также оборудование для нагревания и перемешивания, систему трубопроводов, насосов и газовых компрессоров, центрифужные устройства, контрольно-измерительную аппаратуру и средства автоматизации [4].

Субстрат к БГУ поступает непрерывно или через определенные промежутки времени. При этом каждый раз объем нативного, которое загружается, и сброженного гноя должен быть одинаковым. При такой технологической схеме обеспечивается наивысшая производительность БГУ. Периодическая, или циклическая, система использования реакторов, которых на установке два или больше, предусматривает поочередное заполнение их свежим непреброженным субстратом. Обязательным является неполное освобождение реактора от сброженного субстрата, который играет роль затравки. Через несколько суток после заполнения бродильной камеры начинается метаногенез, интенсивность которого после достижения максимума снижается. Для бесперебойного и равномерного обеспечения потребителя биогазом при такой системе работы БГУ нужно объединять несколько реакторов в блок [4].

Бродильные камеры, или реакторы, являются основными составляющими БГУ. Рентабельность биогазового производства в значительной степени зависит от конструктивных особенностей

бродильной камеры. В действующих БГУ преобладают реакторы овальной и цилиндрической форм. Бродильная камера должна иметь абсолютную герметичность, теплоизоляцию и коррозионную стойкость. Внутри бродильной камеры должна поддерживаться постоянная температура, для чего оборудованы нагревательные устройства. С этой целью используют тепло удаленного из реактора шлама. Для пополнения потерь тепла предусматривается дополнительное подведение его, на что тратится ориентировочно 30 % энергии выработанного биогаза. Известно несколько технических решений нагревательных устройств, которые используются на БГУ.

Для перемешивания биомассы в бродильных камерах устанавливают механические и гидравлические устройства. Используется с этой целью и выработанный биогаз, который подается в реактор компрессором. Регламентированным условием при перемешивании является скорость перемещения субстрата, которая не должна превышать 0,5 м/с. При больших скоростях разрываются оболочки клеток микробов [3, 4]. В результате работы биореакторов образуется биогаз, основным компонентом которого является метан в концентрации от 50–80 %. Он экологически чист и конкурентоспособным энергоносителем. Выход биогаза и его состав зависят как от качества исходного сырья (содержимое и химический состав органического вещества, содержание и соотношение C:N, содержание твердых частиц и др.), так и от параметров процесса метаногенеза (t° , pH среды, длительность брожения, наличие ингибиторов и катализаторов) [6].

Следовательно, применение в современных сельскохозяйственных предприятиях биореакторов обеспечит решение проблемы обезвреживания отходов животноводства и растительной биомассы. Выращивание козлятника восточного обеспечит хозяйства не только высококачественным кормом, а также будет способствовать возобновлению почвы та нагромождению экологически чистого азота. Также использование биогазовых установок дополнит рационы животных белковый-минерально-витаминными смесями будет способствовать возобновлению плодородия почв за счет экологически безопасных биоудобрений, а также будет гарантом энергетической стабильности хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончар, М. Т. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства / М. Т. Гончар. – Львов, 1986.
2. Вербицкий, П. І. Пріоритетні напрямлення розвитку тваринництва / П. І. Вербицький // Ефективне тваринництво. – 2007. – № 4. – С. 14–17.
3. Актуальные проблемы окружающей среды / Под ред. Н. Г. Чумаченко. – Киев: Научная мысль, 1979. – 320 с.
4. Дубровский, В. С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В.С. Дубровский, У.З. Виестур. – Рига: Знание, 1988. – 2004.
5. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М. І. Цвіліховський та ін.; За заг. ред. В. Г. Герасименка. – К.: Фірма «ІНКООС», 2006. – 647 с.
6. Егоров, Н. С. Биотехнология: Проблемы и перспективы / Н. С. Егоров, А. В. Олескин, В. Д. Самуилов. – М., 1987.

УДК 631.51

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ И СТРОЕНИЕ ПАХОТНОГО СЛОЯ В ПОСЕВАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Н. А. РЯБЦЕВА, канд. с.-х. наук, доцент,
Б. К. ВЛАСЕНКО, студент,
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»,
п. Персиановский, Российская Федерация

Статья посвящена изучению влияния способов обработки почвы на плотность сложения и строение пахотного слоя в посевах подсолнечника в условиях в ООО «Октябрь» Кушевского района Краснодарского края.

Полевой опыт проводили на выровненном по рельефу и почвенным условиям участке. Почвы представлены обыкновенными карбонатными черноземами, которые сформированы на бурых глинах и тяжелых лессовидных суглинках. Для почв характерен относительно тяжелый механический состав. В пахотном слое карбонатные черноземы содержат большое количество углесолей (0,7–2,0 %), с глубиной их концентрация повышается. Мощность черноземов достигает 1,2–2,0 м, почвообразующими породами служат четвертичные суглинки и глины. По мощности гумусового горизонта почвы представлены мощными (80–120 см, их доля – 62 %). Содержание гумуса достигает – 4–5 %. Падение гумуса вниз по профилю плавное. В составе гумуса гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами (отношение $C_g:C_{ф}=2$). Реакция почв нейтральная (pH 7,0–7,5). Емкость поглощения высокая (35–55 мг-экв на 100 г почвы). В составе поглощенных оснований

кальций значительно преобладает над магнием. Валовой состав почв характеризуется однообразием, содержание ила распределено по профилю почв равномерно. Содержание общего N (азота) – 0,22–0,26 %, содержание P (фосфора) – 0,17–0,19 %, K (калия) – 1,8–2,0 %.

Несмотря на высокое естественное плодородие почв, черноземы обыкновенные бедны подвижными формами фосфора. Почвы обладают оптимальным водно-воздушным режимом, хорошо оструктурены, структура водопрочная.

Подсолнечник размещали после озимой пшеницы. Схема опыта: фактор А: способы обработки почвы: А-1 – без основной обработки (прямой посев John Deere DB 80), А-2 – безотвальный (Artiglio Gaspardo-30 см), А-3* (контроль) – отвальный (плуг полунавесной оборотный Gaspardo Mikro 8+1-30 см); фактор В: гибриды подсолнечника раннеспелой группы: В – 1– Кубанский 930, В – 2 – Меркурий.

Земледелец веками стремился использовать различные приемы многократных и тщательных обработок, чтобы полнее мобилизовать и максимально использовать потенциальное плодородие и уничтожить сорняки. Оптимизация условий при выращивании подсолнечника для использования в полной мере всех факторов жизни одна из важнейших задач земледелия. Каждый из известных способов обработки почвы имеет положительные и отрицательные стороны. Об этом свидетельствуют многочисленные научные исследования, подтверждают наши опыты [1–4].

Перед посевом в слое почвы 0–30 см плотность почвы имела оптимальные показатели – 1,17–1,22 г/см³ (табл. 1).

Таблица 1. Плотность почвы в пахотном слое перед посевом подсолнечника в зависимости от способа обработки почвы, г/см³

Глубина слоя, см	Способ обработки почвы		
	А-1	А-2	А-3
0-10	1,14	1,09	1,08
10-20	1,21	1,18	1,16
20-30	1,30	1,29	1,28
0-30	1,22	1,19	1,17

К концу вегетации плотность почвы увеличилась до 1,23–1,25 г/см³ (табл. 2). Наибольшее уплотнение в пахотном слое перед уборкой наблюдалось на варианте без основной обработки почвы от 1,19 г/см³ в слое почвы 0–10 см до 1,33 г/см³ в слое 20–30 см, наименьшее – при отвальной обработке почвы.

Таблица 2. Плотность почвы в пахотном слое перед уборкой подсолнечника в зависимости от способа обработки почвы, г/см³

Глубина слоя, см	Способ обработки почвы		
	А-1	А-2	А-3
0-10	1,19	1,18	1,17
10-20	1,23	1,22	1,21
20-30	1,33	1,31	1,32
0-30	1,25	1,24	1,23

Установлено, что безотвальная и отвальная обработка почвы способствовали лучшему разрыхлению слоев почвы 20–30 см.

Для оценки строения почвы пахотного слоя можно воспользоваться следующей шкалой (для почв с содержанием гумуса менее 4 %) (И. С. Кауричев, И. П. Гречина, 1989) (табл. 3) [5].

Таблица 3. Шкала оценки степени уплотнения пахотного слоя почвы

Показатель	Степень уплотнения почвы				
	очень рыхлая	рыхлая	среднеплотная	плотная	очень плотная
Плотность почвы, г/см ³	1,00	1,01–1,20	1,21–1,40	1,41–1,50	1,5
Пористость общая, %	>60	60–53	52–47	46–42	<42

Согласно шкале оценки степени уплотнения пахотного слоя почвы (табл. 3) перед посевом почва была рыхлой на вариантах А-2 и А-3, на варианте А-1 – среднеплотная. К уборке на всех вариантах почва стала среднеплотной степени уплотнения.

В табл. 4 представлено сложение пахотного слоя почвы перед посевом подсолнечника и перед уборкой в зависимости от способа обработки.

Таблица 4. Сложение пахотного слоя (0–30 см) в зависимости от способа обработки почвы, 2017 г.

Вариант	Общая пористость, %	Объем твердой фазы почвы, %	Объем пор занятых водой, %	Объем пор занятых воздухом	Соотношение фаз почвы: твердой, жидкой, газообразной
перед посевом					
A-1	54	46	26	29	46:26:29
A-2	55	45	27	28	45:27:28
A-3	56	44	29	27	44:29:27
перед уборкой					
A-1	53	47	18	36	47:18:36
A-2	54	46	19	35	46:19:35
A-3	54	46	21	33	46:21:33

Перед посевом почва в пахотном слое была рыхлой, общая пористость в пределах от 55 до 56 %. Сложение пахотного слоя тоже было близким к оптимальным показателям, когда объемы пор, занятые водой и воздухом близки по значениям А-1 26:29, А-2 27:28 и А-3 29:27 (табл. 4).

К концу вегетации снизилось количество пор, занятых водой на вариантах А-1 на 30,7 %, А-2 на 29,6 %, А-3 на 27,5 %, что связано со снижением влажности почвы и увеличением плотности.

К уборке на фоне отвального способа обработки почвы сложение почвы было наилучшим среди изучаемых вариантов 46:21:33.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаевая, Э. А. Возделывание подсолнечника: элементы ресурсосберегающей технологии возделывания подсолнечника на склонах Ростовской области / Э. А. Гаевая, А. Е. Мищенко, С. А. Тарадин // Фермер. Поволжье. – 2016. – № 6 (48). – С. 42–46.
2. Авдеенко, А. П. Совершенствование технологии возделывания подсолнечника в зоне рискованного земледелия / А. П. Авдеенко, В. В. Черненко, И. Н. Шестов, В. П. Горячев, А. И. Бочарников // АгроЭкоИнфо. – 2015. – № 5 (21). – С. 3.
3. Титовская, Л. С. Водопрочность почвенных агрегатов в зависимости от способов основной обработки подсолнечник / Л. С. Титовская // В сборнике: Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В. В. Докучаева». Редакционная коллегия: Н. П. Масютенко, Г. М. Дериглазова, Г. П. Глазунов, Ответственные за выпуск: Г. М. Дериглазова, Г. П. Глазунов. – 2018. – С. 457–459.
4. Калашников, В. А. Влияние способа обработки почвы на продуктивность подсолнечника / В. А. Калашников, Т. Я. Бровкина, А. С. Лучинский, А. В. Маковеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 136. – С. 169–178.
5. Кауричев, И. С. Почвоведение: учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений // И. С. Кауричев, И. П. Гречин // Агропромиздат. – 1989. – С. 87.

УДК 631.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОРОДНЫХ АССОЦИАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ

Я. А. СВИЩЕВА, канд. хим. наук, доцент,
Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,
г. Харьков, Украина

Гумусовые кислоты (ГК) за своей структурой и реакционной способностью являются природными полиэлектролитами (ПЭЛ), состав которых существенно зависит от способа получения. Несмотря на разноплановое изучение данной группы веществ описание структуры ГК для прогнозирования их свойств остается актуальным. Известно влияния синтетических полиэлектролитов на спектр поглощения красителей и связано с образованием ассоциатов [1]. Информация о спектральных изменениях красителей в присутствии природных ПЭЛ практически отсутствует. Изучение взаимодействия красителей с ГК имеет не только фундаментальное значение для развития представлений об ассоциации органических молекул, но и расширяет возможность практического использования ассоциатов в химическом анализе и изучении свойств природных объектов.

Нами исследовано влияние ГК на спектры поглощения пинацианол хлорида (ПНЦ), нейтрального красного (НК) и арсеназо II (АР II). Образцы ГК выделяли стандартным способом обработкой почвы раствором гидроксида натрия с концентрацией 0,1 моль/л. В качестве образцов почвы были выбраны образцы чернозема типичного с различными антропогенными нагрузками вблизи ХНАУ им. В. В. Докучаева (целина, пашня, дендропарк, теплица) и почвы степного заповедника Михайловская целина (целина, дендропарк). Степень высвобождения ГК и их состав зависят от условий экстракции:

вида реагентов, концентрации растворов, времени контакта почвы с раствором, количества экстракций, температуры, соотношение объемов почвы и растворов. Для исследования зависимости влияния строения ГК на форму и интенсивность полос поглощения красителей и построения разностных спектров были проанализированы собственные спектры поглощения и рассчитано содержание ГК в образцах (табл.).

Коэффициенты экстинкции почвенных вытяжек

Почвенные вытяжки	ε_4	ε_6
теплица ¹	0.064	0.007
пашня ¹	0.183	0.021
дендропарк ¹	0.234	0.031
целина ¹	0.214	0.025
дендропарк ²	0.275	0.037
целина ²	0.409	0.051

Значения коэффициентов экстинкции для ГК Михайловской целины свидетельствуют о преобладании негидролизированных фрагментов ароматической системы по сравнению с количеством функциональных групп периферических цепей в ГК. Снижение оптической плотности почвенных вытяжек теплицы и пашни может быть связано с наличием в них ГК с разветвленными периферическими цепями и, как следствие, повышенным содержанием кислотных функциональных групп [3].

ПНЦ благодаря планарному строению и делокализации заряда легко образует однородные ассоциаты. Так, при концентрации $7 \cdot 10^{-7}$ моль/л наблюдается появление димеров, а при концентрации $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л описано существование Н-агрегатов. Каждая из ассоциированных форм характеризуется собственной полосой поглощения: для мономерной формы полоса поглощения — $\lambda_{\max} = 600$ нм, так называемая α полоса для димеров — $\lambda_{\max} = 550$ нм (β -полоса), для Н-агрегатов — $\lambda_{\max} = 510$ нм (γ -полоса). Добавление противоположно заряженных ПЭЛ повышает эффективность образования однородных ассоциатов, что связано с сближением молекул красителя за счет их адсорбции на поверхности ПЭЛ и снижением отталкивания одинаковых зарядов за счет нейтрализации, а также усилением дисперсионных взаимодействий. На рис. 1 приведены спектральные изменения, наблюдаемые при добавлении к раствору с постоянной концентрацией ПНЦ вытяжки ГК Михайловской целины. Можно отметить, что при концентрации ГК на уровне $3,1 \cdot 10^{-4}$ мг/л интенсивность поглощения уменьшается на 23 %.

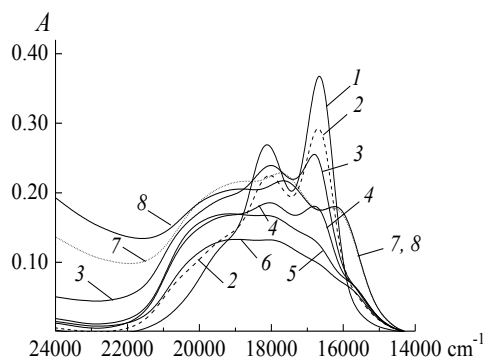


Рис 1. Спектр поглощения ПНЦ при добавлении ГК Михайловской целины.
Концентрация, моль/л, ПНЦ: $3,8 \cdot 10^{-6}$; мг/л ГК: 1 — 0, 2 — $4,1 \cdot 10^{-4}$; 3 — $6,2 \cdot 10^{-4}$; 4 — $9,3 \cdot 10^{-4}$; 5 — $2,1 \cdot 10^{-3}$; 6 — $3,1 \cdot 10^{-3}$; 7 — $2,1 \cdot 10^{-2}$; 8 — $4,2 \cdot 10^{-2}$. pH = 6.8

Дальнейшее уменьшение оптической плотности и изменение формы полосы поглощения происходят с увеличением концентрации ГК до $2,1 \cdot 10^{-3}$ мг/л. При концентрации ГК $3,1 \cdot 10^{-3}$ мг/л наблюдается появление «участка насыщения», а при концентрации ГК на уровне $4,2 \cdot 10^{-2}$ мг/л происходит появление батохромно смещенного максимума полосы поглощения. Аналогичные спектральные изменения наблюдались при добавлении к растворам ПНЦ других почвенных вытяжек. Подобные спектральные изменения свидетельствуют об интенсивном взаимодействии цианинового красителя с ГК. Во всех случаях наблюдалось уменьшение интенсивности α и β -полос поглощения ПНЦ, что свидетельствует об интенсивном взаимодействии ГК-ПНЦ и отсутствии однородной ассоциации красителя. Однако, несмотря на сходство спектральных изменений, их интенсивность зависит от структуры ГК. Так, при добавлении ГК пашни изменение оптической плотности наблюдались при меньших концентрациях — порядка $1,2 \cdot 10^{-4}$ мг/л. При добавлении небольших

количеств ГК ассоциация ПНЦ⁺–ГК происходит за счет электростатического взаимодействия, что является существенным фактором в стабилизации разнородных ассоциатов. Дополнительная стабилизация разнородных ассоциатов происходит за счет дисперсионных взаимодействий. Их роль возрастает с увеличением планарности и разветвленности π -электронной системы взаимодействующих частиц.

Для подтверждения роли дисперсионного взаимодействия при образовании ассоциатов с участием ГК изучено взаимодействие между нейтральной формой НК и ГК. В отличие от ПНЦ нейтральный краситель существует в виде мономера в широком диапазоне концентраций, что подтверждается линейной зависимостью оптической плотности его растворов от концентрации. Это позволяет исследовать процесс ассоциации при более высоких концентрациях красителя. Изменения в спектре поглощения наблюдаются при более высоких концентрациях ГК. При добавлении ГК целины с концентрацией $1,26 \cdot 10^{-3}$ – $3,78 \cdot 10^{-3}$ мг/л наблюдается рост интенсивности поглощения. При содержании ГК на уровне $6,31 \cdot 10^{-3}$ – $1,65 \cdot 10^{-2}$ мг/л происходит гипсохромный сдвиг максимума поглощения. Спектральные изменения при добавлении ГК пашни отличаются от предыдущих. Так при количестве ГК в пределах $4,86 \cdot 10^{-4}$ – $1,46 \cdot 10^{-3}$ мг/мл происходит рост интенсивности поглощения, а при количестве ГК выше $2,46 \cdot 10^{-3}$ мг/л существует интервал насыщения. Такие наблюдения свидетельствуют о том, что несмотря на отсутствие заряда в молекуле красителя происходит образование ассоциатов между НК и ГК за счет дисперсионного взаимодействия. ГК, имеющие большую ароматическую систему, вызывают гипсохромный сдвиг максимума поглощения.

Для расширения представлений о природе взаимодействия между красителями и ГК изучено влияние ГК на ассоциат (ПНЦ⁺)₄·АР II⁸⁻. Бахрохромное смещение максимума полосы поглощения наблюдается с 517 до 565 нм и уменьшение интенсивности наблюдается при добавлении ГК целины при концентрациях 0,023–0,055 мг/л. При добавлении ГК пашни наблюдается увеличение интенсивности поглощения и может быть связано с разрушением ассоциата (ПНЦ⁺)₄·АР II⁸⁻ и образованием ассоциата ПНЦ-ГК с $\lambda_{\text{max}} = 563$ –565 нм. Таким образом, существует конкуренция между ионами, что приводит к формированию наиболее устойчивого ассоциата. На рис. 2 приведены спектральные изменения при добавлении ГК почвенной вытяжки дендропарка Михайловская целина к ассоциату (ПНЦ⁺)₄·АР II⁸⁻.

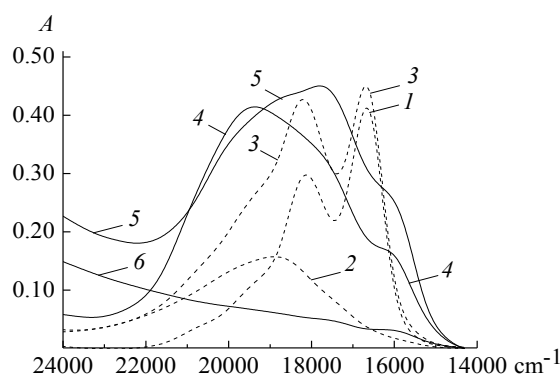


Рис. 2. Поглощение света в системе «ПНЦ+АР II+ГК». 1 – ПНЦ ($8,4 \cdot 10^{-6}$ моль/л); 2 – АР II ($1,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л); 3 – алгебраическая сумма 1 и 2 спектров; 4 – экспериментальный спектр системы «ПНЦ + АР II»; 5 – добавление ГК 0,023 мг/л; 6 – спектр ГК (0,023 мг/л). pH = 9,2

Установлено интенсивное взаимодействие между катионной формой ПНЦ и нейтральной формой НК, ассоциатом (ПНЦ⁺)₄·АР II⁸⁻ и ГК на уровне концентраций $1,46 \cdot 10^{-4}$ – $1,65 \cdot 10^{-2}$ мг/л.

Спектральные изменения при образовании ассоциатов краситель-ГК зависят от строения ГК. При наличии в составе ГК разветвленной π -электронной системы наблюдается появление bathochromный расположенной полосы поглощения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаповалов, С. А. Разнородная ассоциация пинацианола в водных растворах и влияние на нее ионогенных поверхностно-активных веществ / С. А. Шаповалов, В. И. Ларин, Я. А. Свищева // Изв. Вузов. Химия и химич. технология. – 2002. – т.45, №4. – С. 37–42.
2. Кудеярова, А. Ю. Использование электронной спектроскопии для выявления структурных различий гумусовых кислот целинной и пахотной серой лесной почвы / А. Ю. Кудеярова // Почвоведение. – 2008, 9. – 1079–1091 с.

СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПЕРЕГНОЙНО-ГЛЕЕВЫХ ПОЧВ СОВРЕМЕННОЙ ДЕЛЬТЫ КУБАНИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РИСА

В. Н. СЛЮСАРЕВ, д-р с.-х. наук, профессор,
А. В. ОСИПОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,
В. Н. ПАРАЩЕНКО, канд. с.-х. наук,
В. Н. ЧИЖИКОВ, канд. с.-х. наук,
ФГБНУ «ВНИИ риса»,
г. Краснодар, Россия

В современных экономических условиях в России основой производства сельскохозяйственной продукции считается плодородие почв. Сохранение, воспроизводство и рациональное использование его имеет важное значение для всего агропромышленного комплекса страны.

В результате продолжительного возделывания риса в почве снижаются общие запасы органического вещества и гумуса. Это во многом обусловлено нарушением структуры почвенных площадей, сокращением посевов многолетних трав.

Особо важная роль в сохранении плодородия почвы принадлежит растительным остаткам с высоким содержанием богатых азотом органических соединений. Они являются основой для образования гумусовых веществ, а также источником азотного и фосфорного питания риса.

Затопленное рисовое поле – неотъемлемая среда при возделывании риса. Условия периодического затопления почвы под рисом и последующего её просушивания определяют своеобразие почвообразовательного процесса. Возделывание риса приводит к направленному изменению плодородия почв рисовых полей, приобретению ими особых режимов и свойств.

Возделывание риса без пополнения почвы биологическим азотом приводит к снижению органического вещества и элементов минерального питания растений. Посевы люцерны на рисовых оросительных системах оказывают благоприятное воздействие на образование гумуса в почве и её структуру. Многолетними исследованиями ВНИИ риса, проведенными на перегнойно-глеевой почве, установлено, что отсутствие посевов люцерны вызывает дегумификацию и агроистощение, а также ухудшение водно-физических свойств почвы. Возделывание люцерны обеспечивает воспроизводство содержание гумуса и повышение пористости аэрации изучаемой почвы.

Многолетними исследованиями установлено, что благоприятное действие растительных остатков люцерны на плодородие почвы рисовых полей проявляется в повышении биологической активности почвы, при которой органическое вещество превращается в деятельный гумус и осуществляется его накопление. При этом возрастает содержание в ней доступных растениям риса элементов минерального питания, а так же обеспечивается улучшение структуры почвы [1, 2, 3, 4].

Исследования проводили на постоянно закрепленных тестовых участках, расположенных на перегнойно-глеевой почве. Рис возделывался в севообороте (2009–2017 гг.) с насыщенностью 62,5 %. На одном участке с посевом многолетних трав (люцерны), а на другом без них.

Образцы почвы отбирали в весенний период (2009 и 2017 гг.), до внесения удобрений. В них определяли показатели характеризующие плодородие почвы. Агрофизические и агрохимические показатели были выполнены согласно принятым методикам [5, 6].

Одной из важнейших характеристик водно-физических свойств почв является плотность сложения почвы, а также величины других показателей – пористости, влагоемкости, водоотдачи и водопроницаемости.

Динамика плотности затопляемых рисовых почв существенно отличается от динамики плотности богарных почв. В течение вегетации риса восстановительные процессы в почве приводят к её набуханию, сопровождающимся значительным снижением плотности пахотного горизонта. Таким почвам несвойственно осеннее равновесное состояние с высокой плотностью: в августе – сентябре такая почва переувлажнена, а не иссушена, как богарные почвы.

Участки, на которых проводились исследования почв, в весенний период 2017 г. были подготовлены под посевы риса. Различное использование почв определило большую вариабельность плотности сложения верхнего горизонта изучаемых почв (табл. 1).

Так, на участке после посевов люцерны, верхняя 0–40 см толща достаточно рыхлая 1,12–1,13 г/см³.

Таблица 1. Водно-физические свойства перегнойно-глеевых почв (2017 г.)

Вариант	Глубина, см	Плотность сложения, г/см ³	Плотность твёрдой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %	Полевая влаж- ность, %
Люцерна	0–20	1,12	2,69	58,4	14,1	39,6
	20–40	1,13	2,71	58,3	9,5	43,2
	40–60	1,22	2,78	56,1	4,4	42,4
	60–80	1,25	2,77	54,9	3,7	41,0
	80–100	1,33	2,81	52,7	–	43,1
	100–120	1,44	2,82	48,9	–	44,2
	120–140	1,48	2,88	48,6	–	35,2
Без люцерны	140–160	грунтовые воды со 150 см				
	0–20	1,24	2,67	53,2	5,1	38,8
	20–40	1,36	2,67	49,1	2,0	34,6
	40–60	1,43	2,69	46,4	–	35,2
	60–80	1,51	2,71	44,2	–	36,8
	80–100	1,45	2,77	47,6	–	39,3
	100–120	1,48	2,79	46,9	–	42,1
	120–140	грунтовые воды со 125 см				

Почвы, используемые под рис без чередования с посевами люцерны, характеризуются значительно более высокими показателями плотности сложения пахотного горизонта почв 1,24–1,36 г/см³. Подобное уплотнение почв обуславливает неудовлетворительную пористость этих почв и затрудненную аэрацию их в межвегетационный период.

Показатели пористости почв также являются чрезвычайно важной агрофизической характеристикой почв, особенно орошаемых. Пористость почв определяет их водопроницаемость и режим аэрации. Оба эти показателя при рисосеянии являются основными при определении почвенно-мелиоративного состояния территории.

Наиболее высокие величины пористости отмечены для гумусовых горизонтов почв вышедших год назад из-под посевов люцерны – 58,4–58,3 %. В более глубоких горизонтах (40–100 см.) общая пористость снижается до 56,1–52,7 %. На участках с посевами риса – пористость почвы глубже 20 см меньше 50 %.

Проведенными исследования (2009–2017 гг.) на перегнойно-глеевой почве подтверждено, что содержание гумуса без пополнения биологическим азотом снижается (табл. 2). Так, за период с 2009 по 2017 г. содержание гумуса в почве в рисовом севообороте без люцерны снизилось на 0,53 % по сравнению с участком, где рис возделывали в 8 полном севообороте с насыщенностью полей люцерны 25 %.

Таблица 2. Содержание гумуса и элементов минерального питания в почве в слое 0–20 см (2017 г.)

Вариант	Гумус, %	N лг, мг	NH ₄ , мг	NO ₃ , мг	P ₂ O ₅ , мг	K ₂ O, мг
Без люцерны	3,83	6,8	0,18	0,24	1,73	29,7
Люцерна	4,36	8,2	0,34	0,46	2,23	36,2

Аналогичная зависимость характерна и для изменения содержания в почве основных элементов минерального питания растений. Так, содержание легкогидролизуемого азота в почве без возделывания люцерны снизилось на 1,4 мг (20,6 %), а аммонийного 0,16 (88,9 %), нитратного 0,22 (91,7 %) азота и подвижных фосфора и калия соответственно на 0,5 мг (28,9 %) и 6,5 мг (21,9 %), что указывает на реальное воспроизводство плодородия изучаемой почвы.

В современных условиях на перегнойно-глеевой почве отсутствие посевов люцерны при возделывании риса приводит к снижению содержания в пахотном горизонте гумуса на 0,53 % и пористости аэрации в горизонтах 0–20 и 20–40 на 9 и 5 %, что способствует ухудшению почвенно-мелиоративного состояния рисовых оросительных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко, В. П. Деградационное изменение физического состояния почв Азово-Кубанской равнины / В. П. Власенко, А. В. Осипов, Е. Д. Федачук // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 118–123.
2. Осипов, А. В. Изменение свойств и солевого режима рисовых почв дельты реки Кубани / А. В. Осипов // Монография – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 131 с.
3. Парашенко, В. Н. Характеристика показателей эффективного плодородия основных подтипов рисовых почв Краснодарского края / В. Н. Парашенко, Н. М. Кремзин, Л. А. Швыдкая // Рисоводство. – 2011. – № 19, – С. 57–62.

4. Парашенко, В. Н. Сезонные изменения обеспеченности основных подтипов рисовых почв элементами минерального питания / В. Н. Парашенко, Н. М. Кремзин, Л. А. Швыдкая // Материалы VI съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева. – Петрозаводск, 13–18 августа 2012 года. – Книга 1. – С. 329–330.
5. Подколзин, О. А. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О. А. Подколзин, И. В. Соколова, А. В. Осипов, В. Н. Слюсарев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 68. – С. 117–124.
6. Цховребов, В. С. Глобальные изменения почвообразовательного процесса в условиях агроценозов / В. С. Цховребов, В. И. Фаизова, Д. В. Калугин, А. М. Никифорова // Почвенный покров – национальное достояние народа: сб. ст. по материалам Всероссийской науч. – практ. конф., посвященной 50-летию Дагестанского Отделения Общества им. В. В. Докучаева. АЛЕФ. – Махачкала, 2012. С. 134–137.

УДК 633.112.9:631.445.2:631.824

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННОГО МАГНИЯ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

И. С. СТАНИЛЕВИЧ, мл. науч. сотрудник, соискатель,
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

В связи с многолетним известкованием кислых почв доломитовой мукой в Республике Беларусь повысилась доля почв высокообеспеченных магнием, 32% площади пахотных почв и 55% площади улучшенных сенокосов и пастбищ относятся к группе высокого содержания обменных форм магния ($Mg > 180$ мг/кг) [1]. На значительной части площади пахотных земель нарушено требуемое соотношение катионов $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ и $K^{+}:Mg^{2+}$, и возделываемые культуры испытывают недостаток или избыток магния для формирования урожайности.

Цель исследования - изучить влияние различных уровней содержания в почве обменного магния и доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой тритикале.

Исследования проводились на базе стационарного полевого опыта в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке. В 2015–2016 гг. возделывалось яровое тритикале сорт Дуплет.

Почва пахотного горизонта перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,8–2,1%, pH_{KCl} – 5,8–6,0, P_2O_5 (0,2 МНCl) – 350–450 мг/кг почвы, K_2O (0,2 МНCl) – 264–300 мг/кг, Ca (1 МKCl) – 750–900 мг/кг, Mg (1М KCl) 47–145 мг/кг почвы.

На опытном участке было создано четыре уровня обеспеченности почвы обменным Mg, которые отражают диапазон различий по содержанию магния в дерново-подзолистых суглинистых почвах Беларуси, от низкого до высокого. Уровни содержания обменного магния на блоках делянок созданы путем внесения сульфата магния ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) с учетом исходного содержания магния в почве поделяночно:

I уровень – 46–50 мг/кг

II уровень – 90–92 мг/кг

III уровень – 138–147 мг/кг

IV уровень – 183–198 мг/кг

Содержание обменного кальция выравнивалось на каждой делянке за счет внесения мела. Таким образом, были созданы контрастные эквивалентные уровни соотношения катионов:

$Ca:Mg$ 20,7 – 9,2 – 5,0 – 3,5

$K:Mg$ 1,9 – 0,95 – 0,6 – 0,4

Схема опытов состояла из 9 вариантов удобрений на каждом из четырех уровней содержания обменного магния в почве:

1. Контроль (без удобрений);

2. $N_{60+30}P_{60}$;

3. $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ – фон;

4. $N_{60+30}P_{60}K_{180}$;

5. Фон + Mg_1 ;

6. Фон + $Mg_{1,5}$;

7. Фон + S_{60} (сульфат аммония);

8. Фон + S_{60} + Mg_1 ;

9. Фон + S_{60} + $Mg_{1,5}$.

На каждом блоке содержания обменного магния в почве исследовалось действие полной дозы удобрений, варианта с повышенной дозой калия, серы в дозе 60 кг/га и некорневых подкормок сульфатом магния в дозах Mg 1 и 1,5 кг/га. Минеральные удобрения: карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, сульфат аммония вносили весной под культивацию. Некорневые подкормки сульфатом магния проводили в фазу кущения – начало выхода в трубку.

Опыт развернут в двух полях. Повторность опыта 4-кратная, размещение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки 15 м², учетная площадь – 8 м². Агротехника возделывания общепринятая для республики [2].

Закладку опыта, наблюдения, учет урожайности, анализы почвы и растений проводили по соответствующим методическим указаниям. Содержание сырого белка рассчитывали умножением концентрации общего азота на коэффициент пересчета азота на белок – 6,25. Статистическая обработка результатов исследований выполнена по Б. А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа.

В результате проведенных исследований была установлена зависимость урожайности зерна ярового тритикале от обеспеченности почвы обменным магнием (табл.). Повышение содержания в почве обменного Mg с (46–50 мг/кг) до (138–147 мг/кг) обусловило повышение урожайности зерна ярового тритикале в контрольном варианте без удобрений на 11,6 ц/га, в фоновом варианте – на 10,4 ц/га. Дальнейшее повышение содержания магния до (183–198 мг/кг) сопровождалось снижением урожайности зерна.

Согласно расчетам, максимальная урожайность в среднем за два года получена при обеспеченности почвы обменным магнием – 140–145 мг/кг, на более высоком уровне содержания обменного магния – 183–198 мг/кг почвы наблюдалось снижение урожайности в среднем на 4,3 % (2,6 ц/га).

Таким образом, для получения высокой урожайности зерна яровой тритикале определен ориентировочный расчетный диапазон оптимального содержания обменного магния в почве Mg 130–150 (или MgO 220–250) мг/кг почвы. Этот диапазон оптимума находится в верхней части четвертой группы действующей в Беларуси градации обеспеченности почв магнием. При этом эквивалентное соотношение в почве катионов Ca:Mg должно быть в пределах около 5, а соотношение K:Mg – около 0,6.

Некорневые магниевые подкормки были эффективными на первых двух уровнях содержания в почве обменного магния, при этом обеспечив прибавки урожайности зерна 5,2–7,9 ц/га. При обеспеченности почвы обменным магнием (138–147 мг/кг) и выше магниевые подкормки были неэффективными, так как сопровождалось снижением урожайности зерна.

Урожайность зерна яровой тритикале в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и удобрений (в среднем за 2015–2016 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, ц/га				Прибавка зерна, ц/га, за счет		
	уровни содержания Mg, мг/кг почвы				повышения содержания Mg		
	46–50	90–92	138–147	183–198	90–92	138–147	183–198
Контроль	32,8	36,8	44,4	40,3	4,0	11,6	7,5
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	49,6	54,4	59,5	59,1	4,8	9,9	9,5
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ (фон)	52,4	59,1	63,1	60,5	6,7	10,4	8,1
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	59,2	62,4	64,6	61,4	3,2	5,4	2,2
Фон + Mg ₁	60,3	64,3	64,3	58,5	4,0	4,0	-1,8
Фон + Mg _{1,5}	60,0	64,4	64,9	58,5	4,4	4,9	-1,5
Фон + S ₆₀	57,7	60,3	63,8	58,6	2,6	6,1	0,9
Фон + S ₆₀ + Mg ₁	60,3	63,0	63,6	58,5	2,7	3,3	-1,8
Фон + S ₆₀ + Mg _{1,5}	60,0	63,9	63,7	59,1	3,9	3,7	-0,9
НСР ₀₅ варианты	3,09						
уровни	2,61						

Наибольшая урожайность, 64,3–64,9 ц/га была получена при проведении некорневых магниевых подкормок в дозах Mg 1 и 1,5 кг/га в фазу кущения на II (90–92 мг/кг) и III уровне (138–147 мг/кг) обеспеченности почвы обменным магнием.

Содержание сырого белка в зерне ярового тритикале зависело как от обеспеченности почвы обменным магнием, так и от внесения минеральных удобрений. На I уровне обеспеченности почвы обменным магнием (Mg 46–50 мг/кг) содержание белка в зерне яровой тритикале находилось в пределах 8,7–11,8 %, на II уровне (Mg 90–92 мг/кг) повысилось до 9,6–12,3 %, на III уровне (Mg 138–147 мг/кг) было наибольшим – 10,0–12,5 %, а на IV уровне (Mg 183–198 мг/кг) снизилось до 8,7–12,2 %.

Большое влияние на содержание белка в зерне яровой тритикале оказало внесение минеральных удобрений. Применение полной дозы удобрений N₆₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀ позволило получить прибавку сырого белка к контролю 1,8–2,8 %. Внесение повышенной дозы калия увеличило содержание белка по

сравнению с контролем на 1,8–2,9 %, внесение 60 кг серы способствовало повышению содержания белка на 2,3–3,3 %. Некорневая подкормка сульфатом магния в дозе $Mg\ 1\text{ кг/га}$ на фоне серы обеспечила прибавку сырого белка к контролю 2,5–3,5 %.

Таким образом, на урожайность и содержание белка в зерне яровой тритикале оказывает влияние как уровень обеспеченности почвы обменным магнием, так и дозы минеральных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
2. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. – Минск: Институт аграрной экономики НАН Беларуси, 2005. – 460 с.

УДК 631.58:631.434.52

ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И ДЕГРАДАЦИЯ ЧЕРНОЗЁМОВ

К. Е. СТЕКОЛЬНИКОВ, д-р с.-х. наук,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет»,
г. Воронеж, Россия

Почвенный покров ЦЧР представлен в основном чернозёмами. В Белгородской области на чернозёмах находится более 75 % с.-х. угодий и почти 90 % пашни. В Воронежской области доля чернозёмов возрастает до 80 %, а в пашне – 93 %. Минимальна доля чернозёмов в Курской области – 65 %, а в пашне 74 %. В Липецкой области 85 % с.-х. угодий расположены на чернозёмах, и до 92 % пашни. В Тамбовской области 82 % с.-х. угодий расположены на чернозёмах, а пашни 92 %.

Гумус по образному выражению академика, почвовед В. И. Кирюшина превратился в своеобразный фетиш [3]. Средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах России 4,2 % [3]. Ничего подобного нет ни в одной стране мира. А есть ли прямая связь уровня гумусированности почв с урожайностью с.-х. культур? Ответ на этот вопрос дал Л. А. Державин [1]. Он обобщил результаты нескольких тысяч полевых опытов агрохимслужбы СССР и показал, что повышение содержания гумуса в почвах лесостепной и степной зон на 1 % обуславливает рост урожайности озимой пшеницы всего на 1,2–2,0 ц/га. На почвах других природно-сельскохозяйственных зон достоверной связи гумусированности и урожайности не установлено.

«Разве не поразителен факт, что в России, где такая масса роскошнейших земель, урожай наиболее распространённых хлебов – пшеницы, ржи и прочего – в два-три раза ниже, чем в Англии, Голландии, Бельгии, Франции и Германии. Неужели же, мы никогда не примем действенных мер к устранению этого поразительного и крайне бедственного для России факта». Эти слова принадлежат учёному, создавшему новую науку – почвоведение, В. В. Докучаеву. И сказаны они в далёком от нас 1886 году. Прошло 130 лет, что изменилось? И в 21 веке Россия не вышла на уровень средней мировой урожайности зерновых 3 т/га. Это убедительно показано на рис. 1.



Рис 1. Урожайность с.-х. культур

Неужели надо уповать на органическое земледелие с его более чем в два раза низкой продуктивностью?

В нашей пашне давно уже сложился отрицательный баланс элементов питания, что показано в работе П. А. Чекмарёва [4]. За период с 2006 по 2011 годы он был отрицательным и колебался в пределах 41,0–84,0 кг/га посевной площади. Причина такого положения понятна и хорошо демонстрируется рис. 2–3.



Рис. 2. Динамика внесения органических удобрений



Рис. 3. Динамика внесения минеральных удобрений

Приверженцы органического земледелия особое внимание уделяют сидератам. Для пропаганды сидерации много сделал Д. Н. Прянишников, который писал: «...и там, где для улучшения почв особенно необходимо обогащение их органическими веществами, а навоза по той или иной причине не хватает, зелёное удобрение приобретает особенно большое значение...» [2]. Известный учёный подчёркивает – **сидерация только для обогащения почв органическим веществом**. У Д. Н. Прянишникова нет, и не могло быть призыва к отказу от минеральных удобрений.

Органическое земледелие, в том виде как оно пропагандируется, никогда в принципе не решит проблему баланса элементов питания. Вот цитата из работы Н. А. Зеленского – «После уборки донника в почву с растительными остатками поступает больше элементов питания по сравнению с рапсом, горчицей и вайдой красильной: азота – 165–213 кг/га; фосфора – 40–51 и калия – 87–125 кг/га, что соответственно на 56–71; 17–19 и 36–43 кг/га больше, чем выносятся с урожаем» [2]. Оценим корректность автора. Автор не понимает разницы между **поступлением** и **возвратом** элементов питания. Поступление повышает содержание элементов питания, а возврат – **это взял и вернул**. Причём возврат в полном объёме просто **невозможен**. В случае с донником, если его корректно оценивать, с элементами питания складывается следующая ситуация. На формирование биомассы из почвы донник поглотил из почвы 222–284 кг азота, 57–70 кг фосфора и 121–168 кг калия. А в почву возвращено соответственно 74,32–75,00 % азота, 70,17–72,86 % фосфора и 71,90–74,40 % калия. Но повторяем это не поступление, а возврат, и неполный, а с дефицитом 25,68–25,00 % азота, 29,83 % фосфора и 28,10–25,60 % калия. Только по азоту может быть дополнительное поступление в почву за счёт его фиксации из атмосферы. В настоящее время установлено, что не все бобовые растения в равной мере обогащают почву азотом. По данному признаку одно- и многолетние бобовые растения существенно различаются. Это объясняется тем, что усвоенный из атмосферы азот неодинаково распределяется у них по отдельным органам. У многолетних бобовых культур значительная часть фиксированного азота остается в корнях, а у однолетних к моменту созревания практически весь ассимилированный азот переходит в надземную часть, преимущественно в репродуктивные органы. Данное обстоятельство вполне убедительно показано в табл. 1. Как следует из данных таблицы, основная часть азота, до 72,22–90,17 %, сосредоточена в зерне зерновых культур. У гороха в зерне содержание азота составляет 76,27 %. Только в сахарной свёкле наблюдается обратная закономерность, в корнях содержится 40,68 %, а в ботве 59,32 % азота.

Содержание фосфора в зерне варьирует в пределах 65,52–80,95 %, а зернобобовых до 74,07 %. В сахарной свёкле содержание фосфора в корнях ниже, чем в ботве, 44,45 и 55,55 % соответственно. С побочной продукцией зерновых в почву возвращается от 55,55 до 81,59 % калия, а зернобобовых 28,57 %. И всё это отчуждается безвозвратно.

Таблица 1. Содержание азота, фосфора и калия, в % на сухое вещество

Культуры	продукция	N		P		K	
Пшеница озимая	основная+побочная	3,25	100,00 %	1,05	100,00 %	1,40	100,00 %
	зерно	2,80	68,15	0,85	80,95	0,50	35,71
	солома	0,45	13,85	0,20	19,05	0,90	64,29
Пшеница яровая	основная+побочная	3,77	100,00 %	1,05	100,00 %	1,35	100,00 %
	зерно	3,40	90,19	0,85	80,95	0,60	45,45
	солома	0,37	9,81	0,20	19,05	0,75	55,55
Ячмень	основная+побочная	2,60	100,00 %	1,05	100,00 %	1,55	100,00 %
	зерно	2,10	80,77	0,85	80,95	0,55	35,48
	солома	0,50	19,23	0,20	19,05	1,00	64,52
Кукуруза	основная+побочная	2,70	100,00 %	0,87	100,00 %	2,01	100,00 %
	зерно	1,95	72,22	0,57	65,52	0,37	18,41
	солома	0,75	27,78	0,30	34,48	1,64	81,59
Горох	основная+побочная	5,90	100,00 %	1,35	100,00 %	1,75	100,00 %
	зерно	4,50	76,27	1,00	74,07	1,25	71,43
	солома	1,40	23,73	0,35	25,93	0,50	28,57
Сахарная свёкла	основная+побочная	0,59	100,00 %	0,18	100,00 %	0,75	100,00 %
	корни	0,24	40,68	0,08	44,45	0,25	33,33
	ботва	0,35	59,32	0,10	55,55	0,50	66,67

Возврат элементов питания с побочной продукцией с учётом соотношения основной продукции к побочной представлен в табл. 2.

Таблица 2. Вынос и возврат в почву элементов питания с 1 тонной основной и побочной продукцией

Культура	Вынос элементов питания, кг/га			Отношение основной продукции к побочной	Возврат элементов питания, кг/га					
	N	P	K		N	%	P	%	K	%
Подсолнечник	44,0	30,7	100,0	1:2,1	15,6	35,4	7,6	24,8	45,2	45,2
Рапс	65,0	49,0	41,0	1:2,7	14,5	22,3	6,5	13,3	11,0	26,8
Соя	57,0	14,5	20,3	1:1,3	12,0	21,0	3,1	21,4	5,0	24,6
Кукуруза	25,0	15,0	27,6	1:1,65	7,5	30,0	3,0	20,0	16,0	58,0
Пшеница	28,8	15,8	18,5	1:1,35	5,0	17,4	2,0	12,7	9,0	48,6

Рапс, часто используемый как сидерат, и бобовая культура соя не решают даже проблемы возврата азота, а по возврату фосфора и калия они самые худшие. По возврату азота они существенно уступают подсолнечнику и кукурузе, и столь же существенно по калию. Каким же чудесным способом покрыть 82,6–64,6 % дефицит азота, 87,3–75,2 % фосфора и 75,4–42,0 % калия? Корни растений как биологический насос перекачали элементы питания из нижних слоёв почвы (корни сахарной свёклы достигают глубины 3 м, донника и люцерны ещё глубже), в верхний. Почва просто истощается. О каком удобрении в таком случае идёт речь? Речь идёт об откровенном грабеже почвы. Органическое земледелие может обеспечить положительный баланс органического вещества, но никогда не сможет обеспечить даже нулевой баланс по фосфору и калию. Без минеральных удобрений это недостижимо.

Но данное обстоятельство несколько не смущает апологетов органического земледелия. Они вполне осознанно не признают круговорота биогенных элементов. Без вмешательства человека природная биосистема действительно замкнутая – никакого выноса из неё не происходит. Растения либо отмирают и разлагаются здесь же, либо возвращаются в почву через продукты жизнедеятельности животных.

Сельское хозяйство невозможно без выноса части биомассы с места произрастания. Желая регулярно получать урожаи, мы регулярно забираем органику и заключённые в ней элементы минерального питания. Даже внесение удобрений не компенсирует вынос химических элементов, и растения за счёт корневых выделений активно разрушают минеральную часть почвы. Дефицит элементов питания растения вынуждены покрывать за счёт разрушения минеральной матрицы. А это уже деградация, в т. ч. и самых плодородных почв – чернозёмов. С учётом отрицательного баланса элементов питания этот процесс идёт, по крайней мере, последние 200 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Державин, Л. М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии / Л. М. Державин. – М.: Колос, 1992. – 271 с.

2. Зеленский, Н. А. Биологические особенности и эффективность выращивания бобовых и крестоцветных культур на сидерат Н. А. Зеленский, А. П. Авдеев, А. А. Лофиченко // Материалы международной научно-практической конференции «Современная тенденция развития агропромышленного комплекса». – 2006. – ДонГАУ. – С. 80–81.
3. Кирюшин, В. И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М., изд-во МСХА, 2000. – С. 8. – С. 92.
4. Чекмарёв, П. А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. / П. А. Чекмарёв // Агрохимический вестник. – 2012. – №1. – С. 2–4.

УДК 631:86:631.459

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ СРЕДНЕЭРОДИРОВАННОГО ОБЫКНОВЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЛОМЫ И КОМПОСТА

А. С. СЮРИС, канд. с.-х. наук, доцент,
Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв «Николае Димо»,
г. Кишинев, Республика Молдова

Пораженность водной эрозии сельскохозяйственной территории Республики Молдова увеличилось с 28,1 в 1965 г., до 39,8 в 1997 г. и составляет сейчас около 40 % [1]. Урожайность сельскохозяйственных культур, в зависимости от степени смытости, уменьшается на 30–60 % по сравнению с полнопрофильными почвами. Наблюдается значительная деградация физических и химических свойств почв, резко снижается устойчивость почвенной системы к антропогенному воздействию [2]. Эрозионные потери почвам гумуса носят ярко выраженный катастрофический характер.

Применение органических удобрений оказывает многостороннее действие на повышение плодородия и увеличение устойчивости почв против дальнейшего смыва [3]. Органические удобрения повышают биологическую активность, посредством которой образуется структура почвы, а она, как известно, определяет остальные физические свойства почв. На эродированных почвах она зачастую находится в первом минимуме среди остальных показателей плодородия и требует первоочередного восстановления.

В качестве органических удобрений в опыте использовалась неразложившаяся солома озимой пшеницы и компост, состоящий из 80 % навоза КРС и 20 % делювиальной почвы. Делювиальная почва с намытым гумусовым горизонтом мощностью порядка 300 см из окрестностей г. Кахул, в которой сконцентрировано 1400 тонн гумуса и 70 тонн валового азота.

Исследования проводились в период 1996–2008 года на опытной станции почвоведения и эрозии почв Почвоведения, Агрохимии и Защиты Почв им. Н. А. Димо, расположенный в селе Лебеденко, Кахульского района Республики Молдова. Экспериментальный участок представляет собой склон 5–7° северо-восточной экспозиции. Почвы опытного участка чернозем обыкновенный среднеэродированный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 2,07–2,54 % со слабощелочной реакцией (pH–7,5–7,6).

Солома оказывает большое влияние на повышенное содержание в почве органического вещества. В республике Молдова ежегодно на 1 га пашни поступает 3,2–3,5 т органического вещества за счет растительно-корневых остатков, что на 27–40 % компенсирует потери гумуса [4].

В нашем опыте (вариант 2) солома была внесена в почву с добавлением азотных удобрений с целью сокращения соотношения C:N, затем опытные делянки были обработаны дисковой бороной.

Каждый год на делянках в заранее определенных точках отбирались образцы почвы (площадь делянок 6 м ч 40 м = 240 м²) для определения агрофизических и агрохимических показателей.

Основные показатели органических удобрений использованных в опыте показаны в табл. 1.

Таблица 1. Основные показатели органических удобрений использованных в опыте, % в расчете на сырую массу

Показатели	Компост	Солома
N	0.29	0.62
P ₂ O ₅	0.24	0.14
K ₂ O	1.45	1.8

Из результатов химических анализов следует констатировать, что удобрения положительно повлияли на содержание гумуса в почве (табл. 2).

На одиннадцатом году действия содержание гумуса на испытываемых вариантах увеличилось на 0,26–0,39 % по сравнению с начальным содержанием.

Также повысилось содержание биофильных элементов питания. В пахотном слое на удобренных вариантах количество подвижного фосфора и обменного калия повысилась соответственно на 1,17–1,66 и 7,5–31,9 мг/100 г почвы по сравнению с начальным содержанием.

Таблица 2. Агрохимические показатели пахотного слоя почв при внесении органических удобрений

Вариант опыта	Содержание		
	Гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
1996, содержание до закладки опыта			
1. Контроль	2,07	1,89	16,8
2. Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	2,19	1,75	15,9
3. Компост	2,19	1,54	16,8
2007, одиннадцатый год действия удобрений			
1. Контроль	2,15	1,93	18,1
2. Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	2,45	3,41	23,4
3. Компост	2,66	2,71	48,5
Прибавка по сравнению с начальным содержанием			
1. Контроль	0,08	0,04	1,3
2. Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	0,26	1,66	7,5
3. Компост	0,39	1,17	31,9

Органические удобрения положительно повлияли на физические свойства почвы. Уменьшилась плотность и твердость. Есть тенденция к увеличению общей пористости (табл. 3).

Таблица 3. Влияние органических удобрений на физические показатели пахотного слоя почвы

Вариант опыта	Плотность, г/см ³	Плотность, твердой фазы, г/м ³	Общая пористость, %	Твердость почвы, кг/см ²
1. Контроль	1,26	2,66	52,6	23,4
2. Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	1,18	2,63	55,1	13,3
3. Компост	1,16	2,62	55,8	16,8

Благоприятное влияние органических удобрений на агрохимические и агрофизические свойства почвы привело к увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур (табл. 4). При внесении 4 т/га соломы и 100 т/га компоста уровень прибавки за двенадцать лет составил соответственно 59 и 87 ц/га зерновых единиц.

Таблица 4. Влияние органических удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, ц/га

Вариант опыта	Урожай органических удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, ц/га									
	1997, ячмень	1998, кукуруза на зерно	1999, горох + овес	2000, озимая пшеница	2001, кукуруза на зерно	2002, ячмень	2003, кукуруза на зерно	2004, подсолнечник	2005, пшеница	2006–2008, люцерна (среднее за 3 года)
1. Контроль	29,6	33,3	56,6	12,4	31,7	14,3	34,2	12,7	14,3	77
2. Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	6,4	11,0	24,0	2,4	5,2	2,7	7,3	3,1	3,1	25
3. Компост, 100 т/га (навоз, 80 % + делювиальная почва)	6,2	13,7	26,6	1,1	7,2	3,1	5,8	3,9	2,6	85

В заключении можно констатировать, что применение вышеуказанных органических удобрений является первостепенным фактором для восстановления плодородия эродированных почв. Повышают содержание гумуса на 0,26–0,39 %, подвижного фосфора на 1,17–1,66 и обменного калия на 8–14 мг/100 г почвы по сравнению с их начальным содержанием.

Органические удобрения положительно повлияли на физические свойства почвы. Плотность и плотность твердой фазы уменьшились соответственно на 0,08–0,10 и 0,02–0,03 г/см³. Твердость почвы уменьшилась на 6,5–10,1 кг/см². Есть тенденция к увеличению общей пористости.

Улучшение физических и химических свойств среднесмытого обыкновенного чернозема под действием органических удобрений способствовало повышению урожайности озимого ячменя на 6,2–6,4 ц/га, кукурузы на зерно на 10,0–13,7 ц/га, горохово-овсяной смеси на 24,0–26,6 ц/га, озимой пшеницы на 1,1–3,1 ц/га, подсолнечника на 3,1–3,9 ц/га, люцерны на 25–85 ц/га по сравнению с контролем.

1. Programul complex de valorificare a terenurilor degradate si sporirea fertilității solurilor. Chișinău: Pontos; 2004; p. 62–64.
2. Эрозия почв. Сущность процесса. Последствия, минимализация и стабилизация. Пособие. Chisinău: Pontos, 2004; 428 с.
3. Цуркан М. А. Агрохимические основы применения органических удобрений. Кишинев: Штиинца, 1985, 297 с.
4. Rusu Al. Valorificarea surplusurilor de paie. Chisinău: Pontos, 2009; 39 p.

УДК 631.445.4:631.95

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ ВОСТОКА ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ ПРИ ЗАЛУЖЕНИИ И ЗАЛЕСНЕНИИ

Д. Г. ТИХОНЕНКО, д-р с.-х. наук, профессор,
К. Б. НОВОСАД, канд. с.-х. наук, доцент,
Ю. В. ДЕГТЯРЕВ, канд. с.-х. наук, доцент,
Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,
Харьковская обл., Харьковский р-н, п/о Докучаевское-2, Украина

Черноземы (Chernozem voronic), как известно, относится к категории наиболее плодородных почв. Они имеют все необходимые благоприятные условия для роста и развития растений: химические, физические, физико-химические и др. характеристики, которые сформировались под действием гумусово-аккумулятивного процесса почвообразования [1, 2]. Поэтому не случайно основатель почвоведения В. В. Докучаев назвал чернозем «царем почв» [3].

Однако, в современных условиях, когда черноземы Лесостепи и Степи Украины до 90 % распаханы, почвы под влиянием антропогенного фактора перешли в новый этап развития – агрогенный.

Агрогенные почвы представляют большую группу почв, которые образовались практически во всех почвенно-климатических зонах. Процессы их преобразования, трансформации прямо или косвенно связаны с производственной деятельностью человека. Это проявляется в коррекции природного почвообразовательного процесса, что обуславливает задержку или ускорение интенсивности развития почвенных процессов, постепенно формируя новые агрогенные почвы.

Агрогенные (пахотные) почвы – это почвы земледельческих территорий, составляющие теперь основу земель сельскохозяйственного пользования. Их главная диагностическая характеристика – наличие пахотного горизонта, что служит основой для выделения пахотных (агроземных) почв от природных.

Интенсификация сельскохозяйственного производства усиливает антропогенное влияние на почвенный покров, что обуславливает развитие деградационных процессов черноземных почв Лесостепи Украины [4]. Внесение удобрений, мелиорантов, орошение и т. д. требует необходимости познания процессов, которые происходят в агрогенных почвах. Это нужно знать для определения дальнейшей эволюции плодородия и разработки мер по его сохранению и стабильному повышению. Поэтому вопросы развития и классификации агрогенных почв, являются весьма актуальными и «недостаточно изученными» [5, 6, 7]. В этом отношении очень важны исследования, отражающие трансформацию основных показателей почв в агрогенных (пахотных почвах) и постагрогенных (залужение, облеснение) экосистемах.

По результатам комплексных исследований нами была проведена сравнительная характеристика черноземов типичных глубоких, развивающихся в природных, агрогенных и постагрогенных экосистемах.

В качестве природных объектов изучали: 1) абсолютно-целинный чернозем (заповедник «Михайловская целина»); 2) пахотный чернозем (более 100 лет распашки); 3) чернозем залежи (более 70 лет залежь); 4) чернозем под искусственными лесными насаждениями (более 70 лет лесная полезащитная полоса).

Сравнительная характеристика физических (гранулометрический состав, структурность, пористость, дисперсность, плотность, аэрация, влагоемкость и т. д.), химических (содержание гумуса, кислотные характеристики, содержание подвижных питательных соединений и веществ), физико-химических (емкость поглощения, состав обменно-поглощенных катионов, соотношение $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$) микробиологических (биогенность, численность различных эколого-трофических групп микроорганизмов) показателей, которые объективно отражают направление и интенсивность развития почвообразовательного процесса, позволила диагностировать показатели плодородия

черноземов типичных глубоких и выделить такие варианты: 1) природные (целинные), 2) пахотные (агрогенные) черноземы и 3) постагрогенные черноземы (залежь, лесополоса).

Так, для целинных черноземов характерно: высокая (9–10 %), глубокая (80–120 см) гумусированность, водостойкая зернистая структура, нейтральная реакция почвенного раствора ($pH = 6,5–7,0$), оптимальные значения для растений показателей аэрации (50–60 %), плотности (1,0–1,1 г/см³), содержания питательных веществ (азота – 220 мг/кг, фосфора – 400 мг/кг, калия – 472 мг/кг), доминирование обменного кальция («стража плодородия» по А. Н. Соколовскому), что обуславливает высокое естественное плодородие. Комплексный показатель уровня плодородия (по методу Т. О. Гринченка) составляет 97 баллов.

Распашка и другие факторы при образовании агрочерноземов отображают развитие процессов их деградации: снижение количества гумуса до 4–5 % (против 10 % в целинных), уменьшение количества питательных элементов (азота – 70–110 мг/кг, фосфора – 200–340 мг/кг, калия – 229–244 мг/кг), ухудшение структуры, повышение сухости (аридности) в верхних горизонтах (до 15 %), увеличение дисперсности (до 12–15 %), плотности (1,3–1,4 г/см³), рост численности различных групп микроорганизмов (актиномицетов), что указывает на высокие показатели минерализации, уменьшение количества гетеротрофных микроорганизмов и т. д.

Комплексный показатель уровня плодородия пахотных черноземов достигает 56 баллов (против 97 в целинных).

Целинные черноземы образуются под действием гумусово-аккумулятивного (дернового) процесса почвообразования, а агрочерноземы – под влиянием агрогенно-аккумулятивного процесса. Проведенный макро- и микроморфологический анализы профиля почв четко подтверждают выделение целинных и агрогенных почв.

Движущей силой агрогенно-аккумулятивного процесса почвообразования является производственная деятельность человека как фактора почвообразования, а почвенные процессы и режимы контролируются факторами окружающей среды, особенно климатом. Для природных почв характерно постепенное и необратимое направление эволюции и самовосстановление, а в агрогенных почвах процесс самовосстановления снижается в действии, или вообще разрушается без постоянного регулирующего воздействия человека (внесение удобрений, мелиорантов, обработка, осушение, орошение и т. д.). В таких случаях развитие агрогенных почв возвращается в направлении восстановления ранее образованных почв, что отличает развитие агрочерноземов от природных (целинных) аналогов.

60–70-летнее использование пахотных черноземов под залежью (залужение) и под древесными насаждениями (облеснение) способствует практически полному восстановлению всех показателей плодородия почти до уровня целинных почв.

Так, для залежных почв характерно повышение содержания и запасов гумуса (до 8,5 %), разуплотнение почвенной массы (1,20 г/см³), а следовательно повышение показателя аэрации, восстановление структурного состояния и запасов влаги, увеличение содержания питательных веществ (азота – 155 мг/кг, фосфора – 340 мг/кг, калия – 381 мг/кг). Для залежных (степных) почв характерный коэффициент мобилизации азотного фонда ($K_{маф} = (МПА + КАА) / (ГА + ЕШ)$) выше единицы, что свидетельствует о преобладании гетеротрофов, т. е. микроорганизмов, которые развиваются на почвах, богатых органическим веществом.

Комплексный показатель уровня плодородия залежных черноземов повышается до 73 баллов.

Черноземы типичные глубокие под искусственными лесными насаждениями также характеризуются повышением содержания органического вещества (7,5 %) и питательных элементов (азота – 97 мг/кг, фосфора – 300 мг/кг, калия – 358 мг/кг). Плотность данных почв также снижается (1,25 г/см³), а общая пористость увеличивается. Черноземы под лесополосой по показателям биологической активности и численности гетеротрофных групп микроорганизмов (также, как и залежные) развиваются в направлении степных (целинных) аналогов. О повышении плодородия свидетельствует комплексный показатель уровня плодородия почв, который составляет 72 балла.

Итак, черноземы типичные глубокие, которые выводятся из состава пахотных земель, целесообразно использовать под залужение и облеснение, что способствует восстановлению и сохранению их плодородия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муха, В. Д. Естественнo-антропогенная эволюция почв / В. Д. Муха. – М.: Колос, 2004. – 271 с.
2. Носко, Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів / Б. С. Носко / Національний науковий центр “ Інститут Ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського”. – Х.: Вид. ”13 типографія”, 2006. – 239 с.

3. Докучаев, В. В. Русский чернозем: Отчет Императорскому Вольному экономическому обществу / В. В. Докучаев. – СПб.: Императорское Вольное экономическое общество, 1883. – 551 с.
4. Гаркуша, И. Ф. Окультуривание почв как современный этап почвообразования / И. Ф. Гаркуша. – Горки: Изд-во Белар. с.-х. акад. – 1956. – 202 с.
5. Тихоненко, Д. Г. Генеза і класифікація агроцорноземів України / Д. Г. Тихоненко, Ю. В. Дегтярьов // Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». 2014. – №1. – С. 5–10.
6. Тихоненко, Д. Г. Методичні засади класифікації ґрунтів (на прикладі України і інших держав) / Д. Г. Тихоненко // Вісн. Чернів. ун-ту. Сер. Біологія. – Чернівці: (Рута), 2005. – С. 40–49.
7. Тихоненко, Д. Г. Про класифікацію ґрунтів України / Д. Г. Тихоненко // Вісн. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». – 2001. – №3. – С. 33–39.

УДК 634.4

КАК ФОРМИРУЮТСЯ ОПОДЗОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ

Ф. Ф. ТОПОЛЬНЫЙ, д-р биологических наук, профессор,
Н. Н. ТРЫКИНА, преподаватель,
Центральноукраинский национальный технический университет,
г. Кропивницкий, Украина

Со времен возникновения генетического почвоведения продолжают дискуссии о происхождении генетически близких к черноземам, но расположенных преимущественно севернее основных массивов последних – черноземов оподзоленных и серых лесных почв, особенно тех из них, которые длительное время (или постоянно) пребывают не под лесной растительностью.

Большинство исследователей разделяют взгляды, что определяющим в формировании почв есть тип растительности. Под травянистой растительностью формируются черноземы типичные, а черноземы оподзоленные и серые лесные почвы, если даже они спокон веков используются в земледелии, раньше прошли фазу лесного почвообразования. Такие взгляды возникли у В. Докучаева во время изучения почв Нижегородской губернии. «Мною еще в отчете по исследованию почв Нижегородской губернии, было указано, что раз на черноземе поселяются леса, то корни древесной растительности начинают оказывать свое действие на почву: она начинает синеть и даже сереть» [1]. В материалах к оценке земель Нижегородской губернии имеются не только описания почвенных разрезов, но и их схематические зарисовки. Главные особенности этих разрезов следующие. Разрез №1, заложен в лесу, отличается тем, что «...даже при сильных и продолжительных жарах горизонт А (особенно его нижняя часть) обыкновенно остается сырым, иногда влажным... В – гороховый или ореховый горизонт; это – масса пепельно-серого цвета с заметным синеватым оттенком» [2].

«Прибавим к сказанному, что так как материнская порода переходных к чернозему почв там и здесь содержит в себе северные валуны, то, вероятно, эти последние должны местами встречаться и в горизонте В, и в горизонте А, и даже на поверхности рассматриваемых почв. Действительность вполне оправдывает это ожидание» ... «Таким образом, мы получаем еще один хотя и внешний, зато очень резкий признак, отличающий переходные лесные земли от типичного чернозема, в которых и на которых до сих пор нигде не встречено валунов в Нижегородской губ.» [2].

В своих трудах В. Докучаев неоднократно подчеркивал, что все факторы почвообразования равнозначны, а изменение какого-либо фактора сопровождается изменением почвы. В описываемом примере автор четко отмечает, что серые лесные (по автору – переходные к чернозему) почвы формируются на валунной морене, а черноземы – на лессе или лессовидном суглинке. Однако этим отличиям между почвообразующими породами почему-то не уделено надлежащего значения, а все внимание сосредоточено на типе растительности. «На участках среди сплошного чернозема эти «переходные» почвы являются как бы кандидатами в чернозем; на росчистях еще заметна буроватая или каштановая окраска и остатки древесных корней, но освобождение от лесного покрова, искусственное разрыхление, культура должна взять свое, и почвы эти постепенно могут принять габитус более или менее типичного чернозема» [2].

Возможно на то время такие взгляды были и прогрессивными. Считалось, что направленной деятельностью возможно изменить подтип, или даже тип почв. Однако известно, что нечерноземные почвы свыше тысячи лет удобряют навозом и они не остаются черноземными. Доказательств того, что сотнями лет обрабатываемая серая лесная почва приобрела «габитус более или менее типичного чернозема», или неудабриваемый столетиями чернозем стал серою лесною почвою, наука не имеет. Тем не менее, в 2011 году появились публикации о преобразовании темно-серой лесной почвы из-под леса за 150 лет использования в качестве пашни при незначительном удобрении, и то лишь на протяжении последних 50–60 лет, в черноземе оподзоленный [3]. Действительно ли этот феномен

имеет место, неизвестно, а работ негативного, с позиций почвообразования, влияния перевода ранее лесных почв в пашню достаточно. Ведь любая механическая обработка почвы усиливает минерализацию органического вещества.

Не все почвоведы разделяли взгляды В. Докучаева о происхождении оподзоленных почв и подвергали критике его учение о факторах почвообразования. Примером иных взглядов служат работы одного из его учеников, впоследствии профессора Новороссийского университета А. Набоких, который еще при жизни В. Докучаева издал ряд статей и книгу о классификационной проблеме в почвоведении, в которой выступил против докучаевской многофакторной концепции почвообразования, предложив выделять «господствующие факторы», которые определяют направление почвообразования. К ним он относил тип водного режима, рельеф, водопроницаемость почвы и подпочвы и лишь частично растительность [4]. Однако эти взгляды получили резкую критику, особенно со стороны К. Глинки, который был лидером докучаевской школы у первой четверти XX столетия [5]. Поэтому идеи А. Набоких не получили дальнейшего развития, поскольку в советский период их ни разу не издавали, тогда как труды В. Докучаева неоднократно переиздавались многотысячными тиражами. В почвоведении в нашей стране длительное время царил единомыслие. Поэтому были многочисленные публикации подтверждающие мысль о том, что лес действительно оподзоливает почву путем изменения и типа водного режима, и кислыми выделениями своей корневой системы, и водорастворимыми кислыми органическими соединениями, которые поступают в почву при согнивании листьев и разрушают ее. Наиболее полно, по-видимому, эти взгляды рассмотрены в работе А. Роде «Почвообразовательный процесс и эволюция почв» [6].

В 1941 году американский почвовед Ганс Иенни издал монографию «Факторы почвообразования», которая в 1948 году была переиздана на русском языке. В этой работе также указывается на часто решающее значение водопроницаемости почвообразующих пород как один из важных факторов преобразования породы в почву. Однако развитие этой мысли в нашей стране игнорировалось, по-видимому, по идеологическим соображениям. Вот как пишет в предисловии к этой книге академик Б. Бушинский: «Однако методология теоретических построений Г. Иенни является ярким отражением тех идеалистических и нередко реакционных представлений о сущности природных и социальных явлений, которые столь характерны для ученых капиталистического мира и с которыми мы должны вести непримиримую борьбу» [7].

Еще в 60-х годах прошлого столетия экспериментально при помощи радиоуглеродного метода было доведено, что направление гумификации зависит не столько от того, что гумифицируется, а от того, при каких условиях осуществляется гумификация – какой уровень влажности почвы. Чем выше влажность, тем больший выход фульвокислот [8].

Одной из наиболее изученных территорий является Стрелецкий участок Центрально-Черноземного заповедника. Е. Афанасьева так описывает возникновение разнообразия почв: «Рельеф в описываемом районе оказывает большое влияние на формирование почв, иногда не меньшее, чем растительность. Оподзоленные черноземы встречаются в депрессиях как под травянистой растительностью, так и в лесу. В плакорных же условиях под лесом обычно формируются черноземы типичные или выщелоченные» [9]. В местах же выходов коренных меловых пород или продуктов их выветривания по склонам балок в этом же заповеднике вне зависимости от типа растительности формируются серые лесные почвы [10].

Детальное изучение почв на границе перехода Лесостепи в Степь в районе Буг-Днепровского междуречья проиллюстрировало четкую зависимость характера почвенного покрова от микроклимата почв, обусловленного рельефом. В пределах одного массива на северо-западном склоне описаны черноземы оподзоленные, а на южном – черноземы обыкновенные. В первом случае коэффициент увлажнения территории равен 1,18, а во втором – 0,9 [11].

Эти примеры отчетливо показывают правоту А. Набоких и Г. Иенни о том, что в процессе формирования почв приоритет принадлежит не типу растительности, а особенностям водного режима (Набоких), который в значительной степени определяется характером (водопроницаемостью) почвообразующих пород, рельефом и климатом (Иенни).

Формирование почв, которые генетически расположены севернее черноземов типичных, происходит за следующей схемой. Если на поверхность почвы и в почву поступает больше воды и она начинает увлажнять и промывать весь профиль, тогда с водой вымываются и растворимые соли щелочно-земельных металлов – кальция и магния. К дерновому процессу почвообразования присоединяется процесс выщелачивания. Так формируются черноземы выщелоченные. Тип водного режима периодически промывной. Проявление периодического промывания почвы водой незначительное. При большем поступлении воды в почву, что возможно при большем количестве осадков или более водопроницаемой почве, усиливается промывание почвы и с водой из верхних

горизонтов выносятся не только водорастворимые щелочно-земельные металлы, но и илистая фракция из микроагрегатов. В гумусовом горизонте, обедненном илом, сверкают искрами кристаллики кремнекислоты SiO_2 . Так формируется чернозем оподзоленный. Тип водного режима периодически промывной. Процессы почвообразования: дерновый, выщелачивание, иллиммеризация или лессиваж. При дальнейшем продвижении на север или изменении почвообразующей породы (лесс сменяется иными породами) снижается биологическая продуктивность почвы. Уменьшается поступление органического материала в почву и на его поверхность и при одинаковых иных условиях мощность гумусовых горизонтов и содержание гумуса в них будет уменьшаться и черноземы оподзоленные уступают место темно-серым, а потом серым оподзоленным почвам.

Формирование светло-серых и дерново-подзолистых почв происходит при участии глее-подзолистого процесса. Их генезис выходит за пределы этого сообщения.

Таким образом, определяющим в формировании оподзоленных почв являются особенности водного режима, рельефа и характера почвообразующих пород, но не тип растительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Докучаев, В. В. Избранные сочинения. – М.: Сельхозгиздат, 1954. – 708 с.
2. Докучаев, В. В. Нижегородские работы: соч. Т. V. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 664 с.
3. Чендев, Ю. Г., Александровский А. Л., Хохлова О. С., Смирнова Л. Г., Новых Л. Л., Долгих А. А. Антропогенная эволюция серых лесостепных почв южной части Среднерусской возвышенности // Почвоведение. – 2011. – №1. – С. 3–15.
4. Михайлюк, В. І. Водно-режимна концепція ґрунтоутворення професора Набоких О. Г. // Генеза, географія і еволюція ґрунтів. – Львів, ЛНУ ім. І.Франка, 2010. – С. 143–147.
5. Крупеников, И. А. История почвоведения. – М.: Наука, 1981. – 202 с.
6. Роде, А. А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. – М.: ОГИЗ, 1947. – 142 с.
7. Иенни, Г. Факторы почвообразования. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1948. – 347с.
8. Неунылов, Б. А., Хавкина Н. В. Изучение скорости разложения и процессов превращения в почве органического вещества, меченого C^{14} // Почвоведение. – 1968. – №2. – С. 103–108.
9. Черноземы Стрелецкой степи. – М.: 1958. – 18 с.
10. Целищева, Л. К., Дайнеко Е. К. Очерк почв Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника. // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника им. проф. В. В. Алехина. – Вып. X. – 1966. – С. 154–186.
11. Топольний, С. Ф. Ґрунти Буг-Дніпровського межириччя в межах переходу Лісостепу у Степ: автореф. дис. канд. біол. наук. – Харків, 2009. – 23 с.

УДК 631.51:633.63

ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Т. А. ТРОФИМОВА, д-р с.-х. наук, доцент,

С. И. КОРЖОВ, д-р с.-х. наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»,
г. Воронеж, Россия.

В адаптивно-ландшафтных системах земледелия РФ в последние годы совершенствование систем основной обработки почвы идет в основном в направлении ресурсосбережения и природоохранной направленности. К приемам минимализации основной обработки почвы относится, прежде всего, замена глубоких отвальных и безотвальных обработок на поверхностные и мелкие обработки почвы или полный отказ от основной обработки почвы (прямой посев) [1,9,4,6,8].

По мнению многих исследователей, переход на минимальные обработки почвы должен способствовать снижению эрозионных процессов, сокращается расход топлива в 2 раза и производственные затраты в среднем на 35 % [5,8].

Целью проведенных исследований являлось изучение показателей плодородия чернозема выщелоченного лесостепи ЦЧР в зависимости от различных систем основной обработки почвы и внесения различных доз органических и минеральных удобрений.

Исследования проводились в многолетнем стационарном опыте ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» на выщелоченном черноземе.

Стационарный многофакторный опыт по определению оптимального сочетания биологических и техногенных приемов повышения плодородия и различных систем основной обработки почвы в севообороте заложен в 1985 г. Почва – чернозем выщелоченный. Схема опыта включает 10 вариантов внесения различных доз минеральных удобрений, навоза (Н), заправку соломы озимой пшеницы (Соп) и биомассы сидератов, возделываемых в пару и в пожнивных посевах (Ск), дефеката (Д) в 4-

польном севообороте: пар занятый, редька масличная (Пз); пар сидеральный, редька масличная (Пс) – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень. Фактор А – пар (занятый и сидеральный); фактор В – система основной обработки почвы в севообороте 1) дифференцированная разноглубинная обработка почвы в севообороте (под сахарную свеклу проводилась вспашка на глубину 25–27 см, под ячмень – вспашка на глубину 20–22 см, под остальные культуры севооборота – дискование на 8–10 см), 2) мелкая (минимальная) обработка – дискование под все культуры севооборота на 8–10 см; 3) разноглубинная безотвальная обработка почвы (под сахарную свеклу чизельное рыхление на 25–27 см, под ячмень – чизельное рыхление на 20–22 см, под остальные культуры севооборота – дискование на 8–10 см); фактор С – различные дозы и сочетания минеральных и органических удобрений. Изучаемые культуры – сахарная свекла и ячмень. Исследования проводились в блоке с сидеральным паром в 2008–2018 гг.

На фоне дифференцированной разноглубинной обработки почвы в севообороте; мелкой минимальной и разноглубинной безотвальной обработками почвы исследования проводились в следующих вариантах опыта:

1. Контроль (биологический урожай соломы озимой пшеницы – 5–7 т/га (Соп) + пожнивной посев редьки масличной на зеленое удобрение после уборки озимой пшеницы (Ск);

2. NPK-100+40 т/га навоза (Н) + пожнивной посев горчицы сарептской на зеленое удобрение после уборки озимой пшеницы (Ск) + биологический урожай соломы озимой пшеницы – 5–7 т/га (Соп);

3. NPK-200 + пожнивной посев редьки масличной на зеленое удобрение после уборки озимой пшеницы (Ск) + двойная доза соломы озимой пшеницы (2Соп);

4. NPK-150 + дефеката 10 т/га (Д) + пожнивной посев редьки масличной на зеленое удобрение после уборки озимой пшеницы (Ск) + биологический урожай соломы озимой пшеницы – 5–7 т/га (Соп).

Под ячменем изучалось последствие органических и минеральных удобрений.

В условиях дефицита органических удобрений рационально применять другие источники повышения плодородия, увеличивающие поступление в почву свежего органического вещества [2]. В проведенных исследованиях применялись следующие биологические приемы воспроизводства плодородия: использование соломы в качестве удобрения; замена чистых паров на сидеральные; посев промежуточных культур на сидерат; внесение навоза, дефеката. Внесение повышенных норм минеральных удобрений увеличивало массу поступающих в почву послеуборочных остатков [3].

В стационарном опыте в четырехпольном севообороте (сидеральный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень) увеличение поступления в почву свежего органического вещества достигалось за счет внесения навоза и дефеката, использования соломы озимой пшеницы на удобрение, замены чистого пара на сидеральный, пожнивного посева редьки масличной на сидерат, а также за счет внесения возрастающих норм минеральных удобрений.

Исследованиями установлено, что длительное проведение мелкой мульчирующей обработки почвы (дискования) под все культуры зернопропашного севооборота приводит к переуплотнению почвы, особенно горизонта 20–30 см. Оптимальная плотность пахотного слоя наблюдалась в варианте с дифференцированной обработкой почвы в севообороте, где под сахарную свеклу и ячмень проводилась отвальная обработка почвы.

На варианте применения мелкой мульчирующей обработки почвы в севообороте на черноземе выщелоченном в слоях 10–20 см и 20–30 см наблюдалось увеличение глыбистой фракции до 40 %.

Применение разноглубинной дифференцированной обработки почвы в севообороте обеспечивало перевод осадков в более глубокие слои почвы по сравнению с другими системами основной обработки почвы. Длительное применение безотвальных обработок способствует снижению запасов доступной влаги в метровом слое на 7–11 %. Систематическая мелкая основная обработка почвы (дискование на глубину 8–10 см) под культуры севооборота приводила к существенному снижению содержания доступной влаги в метровом слое почвы по сравнению с комбинированной обработкой – в среднем за вегетацию на 6,9–15,8 %.

Система основной обработки почвы в севообороте оказала влияние на дифференциацию пахотного слоя чернозема выщелоченного по плодородию [6,7]. Скопление в верхней части (0–10 см) почвенного профиля растительных остатков и удобрений при проведении мелкой мульчирующей или безотвальной обработки почвы в севообороте приводит к увеличению гетерогенности пахотного слоя почвы. В зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР, где велика вероятность пересыхания поверхностного слоя почвы, особенно важно иметь оптимальное содержание подвижных форм фосфора и калия по всему пахотному слою.

Биологические приемы воспроизводства плодородия (сидеральный пар, пожнивная сидерация, внесение в почву соломы озимой пшеницы, навоза, дефеката) в комплексе с минеральными

удобрениями существенно повышали содержание гумуса в пахотном слое почвы по сравнению с контрольным вариантом (табл.).

Поступление в почву дополнительной массы свежего органического вещества не всегда сопровождалось увеличением содержания гумуса в пахотном слое. Это можно объяснить большими дозами вносимых минеральных удобрений, усиливающих биологическую активность и интенсивность трансформации гумусовых соединений, а также высокой долей сахарной свеклы в структуре севооборота (25 %), повышающей минерализацию органического вещества в почве.

В проведенных исследованиях влияние фактора В (система основной обработки почвы в севообороте) на содержание гумуса было не существенным. В опыте с сахарной свеклой получены результаты, которые показывают тенденцию уменьшения содержания гумуса на варианте с минимальной обработкой в севообороте в слое почвы 0–30 см (независимо от удобрений) по сравнению с вариантом применения комбинированной обработкой. Максимальное содержание гумуса в пахотном слое почвы наблюдалось на вариантах внесения (NPK)150 + Д + Ск + Соп под отвальную обработку.

Изменение содержания гумуса в слое почвы 0–30 см в зависимости от приемов основной обработки почвы и удобрений под сахарную свеклу, %

Вариант опыта	Содержание гумуса, %		
	содержание гумуса после первой ротации севооборота	содержание гумуса после пятой ротации севооборота	
		вспашка на 25–27 см	дискование на 8–10 см
Контроль	3,91	4,06	3,85
(NPK)100+Н+С _к +С _{оп}	4,11	4,28	4,29
(NPK)200+С _к +2С _{оп}	4,11	4,30	4,19
(NPK)150+Д+С _к +С _{оп}	4,24	4,37	4,26
НСР ₀₅ (частных эффектов)		0,30	

Проведение под сахарную свеклу отвальной обработки существенно повысило урожайность по сравнению с дискованием независимо от удобрений. Наибольшая прибавка урожайности сахарной свеклы получена при сочетании вспашки с внесением NPK-100 кг д.в./га +40 т/га навоза + пожнивной посев горчицы сарептской на зеленое удобрение после уборки озимой пшеницы (Ск) + биологический урожай соломы озимой пшеницы –5–7 т/га.

В опыте с ячменем разница между вариантами опыта в зависимости от систем основной обработки почвы была недостоверна. Наблюдается положительное влияние последствий органических и минеральных удобрений на урожайность ячменя.

Предложена блочная математическая модель, позволяющая рассчитать уровень плодородия чернозема выщелоченного при различных системах основной обработки почвы и уровнях удобрений (1). Данное уравнение описывает зависимость между урожайностью сахарной свеклы и агрофизическими и агрохимическими показателями плодородия чернозема выщелоченного.

$$Y = 43,3 - 196,1X_1 + 0,52X_2 + 0,74X_3 + 2,13X_4 + 0,88X_5 + 29,4X_6, \quad (1)$$

где Y – урожайность сахарной свеклы, т/га;

X₁ – плотность почвы в слое 0–30 см, г/см³;

X₂ – запас доступной влаги в слое 0–100 см, мм;

X₃ – содержание нитратного азота в слое 0–30 см, мг на кг абс. сухой почвы;

X₄ – содержание подвижного фосфора в слое 0–30 см, мг на 100 г абс. сухой почвы;

X₅ – содержание обменного калия в слое 0–30 см, мг на 100 г абс. сухой почвы;

X₆ – содержание гумуса в слое 0–30 см, %.

Замена дифференцированной основной обработки почвы в севообороте на мелкое рыхление способствует большему уплотнению 0–30 см слоя почвы, снижению содержания доступной влаги в метровом слое почвы.

Биологические приемы воспроизводства плодородия (сидеральный пар, пожнивная сидерация, внесение в почву соломы, навоза, дефеката) в комплексе с минеральными удобрениями существенно повышают содержание гумуса в пахотном слое почвы. Максимальное содержание гумуса в слое почвы 0–30 см наблюдалось при внесении удобрений на варианте с комбинированной разноглубинной обработкой почвы в севообороте.

Проведенные исследования указывают на целесообразность применения в ЦЧР комбинированной системы основной обработки почвы, сочетающей применение отвальных, безотвальных, мелких обработок почвы в севообороте. Выбор системы обработки почвы в севообороте, конкретного приема

основной обработки и зависит от особенностей агроландшафта, агрофизических и других свойств почвы, засоренности посевов с.-х. культур, биологических особенностей с.-х. культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боронтов, О. К. Водный режим и продуктивность [Текст] / О. К. Боронтов // Сахарная свекла. – 2001. – № 8. – С. 10.
2. Коротких, Е. В. Влияние приемов биологизации на сохранение плодородия черноземных почв / Е. В. Коротких // Вестник АПК Верхневолжья. – 2015. – № 2 (30). – С. 46–50.
3. Научно-практические основы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия [Текст]: Монография / А. И. Беленков, В. А. Шевченко, Т. А. Трофимова, В. П. Шачнев. – М.: Изд. РГАУ – МСХА, 2015. – 499 с.
4. Пупонин, А. И. Снижение уплотнения дерново-подзолистой почвы чизелеванием / А. И. Пупонин, Н. С. Матюк // Земледелие. – 1980. – №12. – С. 30–32.
5. Пыхтин, И. Г. Систематические отвальные и безотвальные обработки в севообороте и бессменных посевах / И. Г. Пыхтин, Е. В. Шутов // Земледелие. – 2004. – №3. – С. 18–9.
6. Трофимова, Т. А. Влияние способов и глубины основной обработки чернозема обыкновенного на свойства почвы и урожайность культур [Текст] / Т. А. Трофимова. – Воронеж, 1992. – 19 с.
7. Трофимова, Т. А. Зяблевая обработка почвы в Юго-Восточных районах ЦЧЗ [Текст] / Т. А. Трофимова // Сахарная свекла. – 2002. – № 7. – С. 19–20.
8. Черкасов, Г. Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы / Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 20–23.
9. Щербаков, А. П. Антропогенная эволюция черноземов / А. П. Щербаков, И. И. Васнев. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2000. – 412 с.

УДК 631.5:631.468.514.239

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В ПОЧВЕ

А. М. ТРУФАНОВ, канд.с.-х. наук, доцент,

С. В. ЩУКИН, канд.с.-х. наук,

ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»,

г. Ярославль, Россия

Дождевые черви представляют собой крупных беспозвоночных почвенных животных – сапрофагов, питающихся растительными остатками [1].

Дождевые черви выполняют множественные экологические функции: измельчение растительных остатков, что повышает микробную активность; норы червей формируют систему макропор и полостей, которые обеспечивают аэрацию и дренаж влаги, облегчают рост корней, передвижение почвенных животных и микроорганизмов. Дождевые черви могут принимать участие в распространении бактерий, грибов, нематод, семян растений. Также по состоянию и количеству дождевых червей можно судить о степени загрязнения почв и состоянии экосистемы, а использование дождевых червей как биоиндикаторов территорий, является одним из перспективных направлений в экотоксикологических и зоологических исследованиях [2]. Общеизвестна важная роль почвенных беспозвоночных, в первую очередь дождевых червей, в гумусообразовании [3]. С другой стороны, дождевые черви испытывают на себе значительное влияние агротехнических факторов, зачастую являющееся неблагоприятным [4].

Вышеизложенное подчеркивает актуальность исследований, целью которых было установить изменения в численности дождевых червей под влиянием различных по интенсивности систем основной обработки почвы и удобрений.

Исследования проводились в 2018 году в многолетнем полевом опыте, заложенном на опытном поле кафедры «Агрономия» ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве в посеве вико-овсяной смеси на зеленую массу. В статье приведены результаты на вариантах: фактор «система основной обработки почвы» (отвальная; поверхностная с рыхлением; поверхностно-отвальная; поверхностная), фактор «система удобрений» (без удобрений; N_{30} ; солома 3 т/га; солома+ N_{30} ; солома 3 т/га + $N_{117}P_{14}K_{150}$; $N_{117}P_{14}K_{150}$). При учете численности дождевых червей отбирали по 2 пробы почвы с делянки. Для взятия проб использовали рамку размером 0,5 м х 0,5 м, глубина отбора составляла 20 см. В каждой пробе подсчитывали количество дождевых червей и пересчитывали на их число на 1 м². Учет проводился 1 раз в месяц, результаты приведены в среднем за вегетацию. Урожайность определялась сплошным поделочным методом. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа.

Результаты 2018 года были следующими. В целом численность дождевых червей была на высоком уровне с преимущественным развитием их в верхнем слое 0–10 см по сравнению со слоем 10–20 см при системах обработки почвы с различной степенью минимизации (поверхностная с рыхлением, поверхностно-отвальная, поверхностная), обратная тенденция наблюдалась при ежегодной отвальной обработке – численность червей была либо больше в слое 10–20 см по сравнению со слоем 0–10 см, либо на одном уровне при всех системах удобрений (табл. 1).

Таблица 1. Численность дождевых червей в почве, шт/м²

Вариант		Численность червей, шт/м ²		
		слой почвы, см		
система обработки почвы	система удобрений	0–10	10–20	0–20
Отвальная	без удобрений	33,33	37,50	70,83
	N ₃₀	25,00	33,33	58,33
	солома	29,17	29,17	58,33
	солома+N ₃₀	25,00	40,95	65,95
	солома + NPK	37,50	39,23	76,73
	NPK	33,33	33,33	66,67
Поверхностная с рыхлением	без удобрений	45,83	35,06	80,89
	N ₃₀	38,11	25,00	63,11
	солома	39,23	39,23	78,45
	солома+N ₃₀	36,38	40,95	77,34
	солома + NPK	43,39	40,95	84,34
	NPK	44,38	42,28	86,65
Поверхностно-отвальная	без удобрений	38,11	25,00	63,11
	N ₃₀	38,11	29,17	67,28
	солома	36,79	33,33	70,12
	солома+N ₃₀	43,39	25,00	68,39
	солома + NPK	50,61	33,33	83,94
	NPK	45,83	43,60	89,43
Поверхностная	без удобрений	33,33	29,17	62,50
	N ₃₀	33,33	35,06	68,39
	солома	35,06	29,17	64,23
	солома+N ₃₀	30,89	42,28	73,17
	солома + NPK	38,11	42,68	80,79
	NPK	40,95	33,33	74,29
НСР ₀₅ по фактору А		Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅
НСР ₀₅ по фактору В		Fф<F ₀₅	16,60	22,90

При сравнении различных систем обработки почвы и удобрений существенных различий обнаружено не было, за исключением варианта с внесением NPK на поверхностно-отвальной обработке, при котором в слоях 10–20 и 0–20 см количество червей значительно увеличилось по сравнению с фоном без удобрений.

Высокой численности беспозвоночных способствовало внесение соломы совместно с NPK при ежегодной отвальной и поверхностной обработках, превышение в сравнении с контролем (без удобрений) в слое 0–20 см составило, соответственно, 8,3 и 29,3 %. Однако максимальные значения показателя (86,65–89,43 шт/м²) наблюдались при сочетаниях обработок – поверхностной с рыхлением и, особенно, поверхностно-отвальной с внесением NPK, численность червей превышало таковую на отвальной обработке на том же фоне питания, соответственно, на 30,0 и 34,1 %; а при сравнении с фоном без удобрений на комбинированных обработках, соответственно, на 7,1 и 41,7 %.

Минимальной численности дождевых червей способствовало внесение азота и соломы по отдельности при ежегодной отвальной обработке и поверхностной с рыхлением (58,33–63,11 шт/м²), тогда как на поверхностно-отвальной и поверхностной обработках наименьшее значение показателя отмечалось на фоне без удобрений (62,5–63,11 шт./м²).

Эффективность любой технологии возделывания характеризуется, в первую очередь, урожайностью возделываемых культур. По результатам исследований 2018 года была выявлена тесная прямая корреляционная зависимость численность дождевых червей и урожайности зеленой массы вико-овсяной смеси (в слое 0-10 см – $r = 0,71$, $p = 0,009$; в слое 0-20 см $r = 0,69$, $p = 0,011$), что подтверждает мнение о том, что благоприятные условия для распространения червей являются таковыми и для развития культурных растений.

Существенные изменения урожайности зеленой массы вико-овсяной смеси были обусловлены применяемыми системами обработки почвы и удобрений (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси, ц/га

Вариант		Урожайность, ц/га
система обработки почвы	система удобрений	
Отвальная	без удобрений	217,0
	N ₃₀	265,7
	солома	272,1
	солома+N ₃₀	205,6
	солома + NPK	258,7
	NPK	259,9
Поверхностная с рыхлением	без удобрений	203,0
	N ₃₀	157,5
	солома	136,5
	солома+N ₃₀	161,0
	солома + NPK	255,5
	NPK	285,3
Поверхностно-отвальная	без удобрений	221,4
	N ₃₀	230,1
	солома	174,1
	солома+N ₃₀	215,3
	солома + NPK	359,6
	NPK	341,3
Поверхностная	без удобрений	186,4
	N ₃₀	226,6
	солома	207,4
	солома+N ₃₀	214,4
	солома + NPK	280,9
	NPK	325,5
HCP ₀₅ по фактору А		87,3
HCP ₀₅ по фактору В		56,4

Применение интенсивных систем удобрений (солома+NPK и NPK) на всех ресурсосберегающих обработках почвы существенно увеличивало урожайность зеленой массы трав по сравнению с теми же фонами на отвальной обработке.

Стоит отметить, что именно применение систем удобрений с NPK способствовало значительному увеличению урожайности на поверхностной с рыхлением, поверхностно-отвальной и поверхностной обработках в сравнении с фоном без удобрений, тогда как на отвальной наблюдалась лишь тенденция увеличения.

В среднем по системам удобрений применение поверхностной с рыхлением обработки привело к достоверному снижению урожайности зеленой массы однолетних трав в сравнении с отвальной, тогда как поверхностно-отвальной и поверхностной – к тенденции ее увеличения, соответственно, на 9,4 и 2,8 %, что говорит о возможности минимизации основной обработки почвы при возделывании викоовсяной смеси.

Применение систем удобрений с NPK в среднем по всем системам обработки почвы достоверно увеличило урожайность однолетних трав по сравнению с неудобренным фоном, тогда как внесение соломы отдельно и с азотом несущественно ее снизило (на 1,7 и 1,4 % соответственно).

Таким образом, созданию оптимальных условий для распространения дождевых червей в пахотном слое почвы способствует применение ресурсосберегающих систем обработок почвы – поверхностной с рыхлением и поверхностно-отвальной на фоне применения NPK как отдельно, так и совместно с соломой. Для получения запланированной урожайности зеленой массы вико-овсяной смеси целесообразно применять поверхностно-отвальную систему основной обработки почвы на фоне внесения соломы совместно с NPK.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулова, Т. В. Встречаемость и обилие дождевых червей в биотопах с различной химической нагрузкой при защите сельскохозяйственных культур / Т. В. Акулова, А. В. Мальцев, В. П. Калинин, В. Н. Еременко // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2010. – №3. – С. 81–84.
2. Заушинцева, А. В. Реакция дождевых червей (сем. Lumbricidae) на изменение абиотических факторов / А. В. Заушинцева, Н. В. Скалон, А. С. Заушинцев, К. С. Зубко // Вестник КемГУ. – 2014. – №1 (57). – С. 7–13.
3. Картамышев, Н. И. Роль обработки, культурных растений и почвенной фауны в гумусообразовании / Н. И. Картамышев, В. А. Шумаков, А. В. Зеленин, В. Ю. Тимонов // Вестник Курской ГСХА. – 2008. – №1. – С. 8–15.
4. Труфанов, А. М. Изменение численности полезных педобионтов при возделывании викоовсяной смеси под влиянием различных систем обработки почвы и удобрений / А. М. Труфанов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2017. – №1(37). – С. 13–17.

АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

А. В. ТЮЛЬКИН, канд. с.-х. наук, доцент,
Е. С. БАСМАНОВА, студент,
ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Киров, Россия

Под системой земледелия следует понимать комплекс агротехнических приемов, направленных на единую цель, – сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почв сельскохозяйственного направления [1]. Системы земледелия являются программой, инструментом грамотного ведения полеводства, с помощью которого можно более эффективно организовать производство, рационально использовать землю, технику, достижения науки и передового опыта [3].

Системы земледелия, разработанные в хозяйствах Кировской области в 1985–1986 гг., были основаны на применении техногенно-химической интенсификации. Они оказали существенное влияние на повышение плодородия почв и увеличение производства продукции растениеводства. Однако их внедрение сопровождалось значительными затратами труда и средств, которые не в полной мере окупались получаемой продукцией, а в ряде случаев вызвали отрицательные экологические последствия. В системах земледелия была четкая установка на увеличение площадей пашни, жесткое планирование посевных площадей конкретных культур. Результаты почвенных, агрохимических и эрозионных обследований, проводимых по отдельным участкам полей, в системах слабо принимались во внимание, а в большинстве случаев усреднялись для целого поля [6].

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия включают землеустройство на ландшафтной основе с выделением всех участков поля и приведение их полной характеристики, что позволяет полнее использовать потенциал почвы и растений, активизировать биологические факторы поддержания почвенного плодородия и экологической безопасности в экосистемах [6].

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия ориентированы на дифференцированное использование земель, биологизацию, оптимизацию технологий применительно к отдельным зонам и типам агроландшафтов. По мнению А. И. Шабаева; адаптивно-экологические системы земледелия, основанные на ландшафтных принципах, должны решать следующие задачи:

- агроландшафтное районирование и конструирование экологически устойчивых типов агроландшафтов;
- оптимизация использования земельных ресурсов, исключающих деградацию земель;
- комплексная мелиорация и рекультивация земель;
- доведение до оптимального уровня лесистости территории;
- охрана и рациональное использование водных ресурсов;
- внедрение ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий ведения сельскохозяйственного производства [5].

Решение вопроса подъема культуры земледелия и роста урожайности определяется двумя факторами: улучшением условий минерального питания и рациональным использованием водных ресурсов. Весьма серьезное значение приобретает борьба с водной эрозией.

В связи с этим приоритетность агротехнических мероприятий выстраивается в следующем порядке:

1. Введение агротехнически правильных и экономически обоснованных севооборотов с достаточным удельным весом многолетних бобовых трав (20–40 % на плакорных землях, до 60 % на эродированных и эрозионно опасных) и умеренным количеством пропашных культур (до 20 %).

2. Широкое использование минеральных удобрений в сочетании с органическими (на суглинистых почвах 4–8 т/га, на супесчаных и песчаных 10–12 т/га), известкование кислых почв и применение средств химизации от болезней, вредителей и сорняков.

3. Дифференцированная система обработки почв, обеспечивающая окультуривание и сохранение плодородия почвы, рациональное использование водных ресурсов и предотвращение эрозионных процессов [2].

В адаптивно-ландшафтном земледелии севооборот имеет приоритетное значение. Подбор сельскохозяйственных культур и их эффективное чередование и размещение по агроэкологическим группам земель является гарантией создания условий для воспроизводства плодородия почвы, для защиты почвы от водной и ветровой эрозии и предотвращения ее общей деградации, для улучшения фитосанитарного состояния и, в конечном итоге, получения высоких урожаев с требуемым качеством. На основе севооборота более эффективно выполняются все остальные звенья системы земледелия. В результате только за счет введения и освоения научно обоснованного севооборота,

отвечающего местным почвенно-климатическим условиям, урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность гектара пашни может возрасти в 1,5–2,0 раза.

Пестрота почвенного покрова, высокая степень расчлененности и эродированности территории хозяйства диктуют необходимость иметь севообороты биологизированного направления. Такие севообороты основаны на принципах плодосмена, кроме посева многолетних трав, предусматривают использование навоза, компостов, применение соломы на удобрение и сидерацию [4].

Важной составляющей земледелия зоны является система применения удобрений. Это обусловлено низким естественным плодородием используемых земель, возможности которых по производству зерна определяются на дерново-подзолистых разновидностях 4–8 ц/га, на серых лесных 16–22 ц/га, что значительно ниже потенциала самих культур. Повышение урожая в 1,5–2 раза в сравнении с потенциальными возможностями почвы может быть достигнуто только в результате применения соответствующей системы удобрений, во взаимосвязи с известкованием кислых почв и поддержанием баланса органического вещества. Одним из главных факторов достижения такого эффекта является сбалансированность элементов питания на запланированный урожай. При этом в расчетах доз внесения удобрений учитывается вынос элементов питания с планируемым урожаем, наличие его в почве и возможный коэффициент использования, а так же коэффициенты использования этих же элементов питания из органических и минеральных удобрений, растительных остатков.

Обязательным элементом системы обработки почвы в зоне остается регулярное оборачивание и перемешивание пахотного слоя за счет отвальной вспашки. Однако, с точки зрения достижения лучшего эффекта, желательно периодическое чередование вспашки с поверхностными и глубокими безотвальными обработками. Разнообразие приемов обработки почвы занимает особое место в мероприятиях по борьбе с водной эрозией. Прежде всего здесь обязательно и важно планирование работ (вспашки, культивации, посева и даже уборки урожая) только поперек склонов.

Перечисленные выше приоритеты в адаптивно-ландшафтных системах земледелия должны детализироваться с учетом категорий и типов земель конкретного участка землепользования. Особенно это будет касаться решения вопросов: подбора культур и сортов, севооборотов, системы обработки почвы, норм, способов и сроков внесения органических и минеральных удобрений, все то, что должно проложить дорогу к современному технологическому уровню [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Василько, В. П., Кравцов А. М., Сисо А. В., Макаренко С. А. Основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия: метод. указания к лабораторным и практическим занятиям – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 66 с.
2. Копысов, И. Я. Изменение качества почв северо-востока Нечерноземья под влиянием антропогенного воздействия (устойчивость и изменчивость почв Кировской области при их использовании и осушении, агроэкологический мониторинг почв). – Киров, 2002. – 240 с.
3. Копысов, И. Я. История, состояние и перспективы оценки почв и земель сельскохозяйственного назначения // Издательство: Вятская государственная сельскохозяйственная академия (Киров). – 2018. – С. 52–57.
4. Копысов, И. Я., Тюлькин А. В., Тихонов В. В. Агрохимические свойства дерново-подзолистых почв в условиях антропогенного воздействия // Земледелие. – 2010. – № 7. – С. 22–24.
5. Копысов, И. Я., Тюлькина А. В., Тюлькин А. В. Изменение растительного покрова светло-серых лесных почв под влиянием разновозрастной залежи // В сборнике: Экология родного края: проблемы и пути их решения материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Вятский государственный университет; Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2018. – С. 187–190.
6. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия в хозяйствах Кировской области – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Киров, 2006. – 91 с.

УДК 631.417 (571.54)

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ В СУХОЙ СТЕПИ БУРЯТИИ

А. К. УЛАНОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
ФГБНУ «Бурятский НИИСХ»,
г. Улан-Удэ, Россия

Позитивный отклик гумусного состояния почв под влиянием минеральных, и особенно органических удобрений доказан в серии классических длительных исследованиях [1, 2], обзорах и обобщениях современных авторов [3–6]. В этом понимании реакция гумуса почв Бурятии не является исключением [7–10]. Однако доказательная база последних диктует более детальные подходы и оценки с последующим анализом и прогнозом для различных схем внесения удобрений и сценариев развития, в том числе по возможным скоростным проявлениям на конкретный период времени для

условий сухой степи региона, где каштановые почвы занимают 43,2 % (300 тыс. га) площади обрабатываемой пашни [11].

Результативность исследований достигнута в условиях длительного стационарного полевого опыта Бурятского НИИСХ (год закладки – 1967) на каштановой почве легкого гранулометрического состава, где в течение девяти ротаций ($n = 42$) полевого севооборота (пар чистый – пшеница – овес – овес на зерносеяж) изучали следующие виды и сочетания минеральных и органических удобрений на содержание гумуса в почве: 1) без удобрений, 2) $N_{40}P_{40}K_{40}$, 3) навоз 20 т/га, 4) навоз 40 т/га, 5) навоз 10 т/га + эквивалент 10 т/га навоза – $N_{50}P_{25}K_{60}$. Содержание гумуса определяли по И.В. Тюрину в модификации В. Н. Симакова [12]. Скоростные параметры изменения содержания гумуса представлены кинетическими константами (k) скорости по регрессии экспоненты с использованием пакета стандартных программ (Excel, 2012).

Статистические показатели содержания гумуса в исходной почве (1967 г.) отражали широкий диапазон лимитов – от 1,22 до 1,40 % с незначительной вариабельностью при среднем содержании $1,31 \pm 0,05$ % (табл.). В отсутствии удобрений в течение более сорока лет исходное содержание на контроле значимо снижалось и в среднем не превышало $0,96 \pm 0,02$ % с верхним лимитом ниже исходного содержания – 1,01 %.

В масштабе скоростных изменений кинетика снижения гумуса в почве данного варианта оказалась высокой и достигала $k = 0,008 \text{ год}^{-1}$: $y, \% = 1,323 e^{-0,008t}$ (1), где e – иррациональное число; t – порядковый номер года.

Среднегодовые фактологические потери гумуса изучаемой почвы в отсутствии применения удобрений в течение первых шестнадцати лет (1967–1982) составили 393 кг/га с последующей убылью за четырнадцать лет (1983–1996) 192 кг и ежегодным уменьшением за последние двенадцать лет (1997–2008) порядка 98 кг/га. В целом за сорок два года на неудобренном варианте почва утратила 26,7 % исходного гумуса или 10,4 т/га при среднегодовой величине потерь 247 кг. Установленные количественные и скоростные изменения в гумусе как отклик почвы на отсутствие поступления удобрений в течение длительного времени отражали устойчивый процесс снижения, при котором количество гумуса достоверно приближалось к минимальному – 0,91 %, что подтверждало мнение ряда авторов [4, 13–15] по «базисному» минимуму содержания углерода старопашотных неудобряемых агроценозов.

Статистики изменения содержания гумуса в 0–20 см слое почвы при длительном внесении удобрений ($n = 42$)

Вариант опыта	Содержание, %			Запасы, т/га	
	$M \pm m$	lim	$V, \%$	$M \pm m$	lim
исходная почва	$1,31 \pm 0,05$	1,22 – 1,40	6,1	$38,8 \pm 1,5$	36,1 – 41,4
без удобрений	$0,96 \pm 0,02$	0,91 – 1,01	2,8	$28,4 \pm 0,6$	26,9 – 29,9
$N_{40}P_{40}K_{40}$	$1,19 \pm 0,04$	1,13 – 1,25	4,3	$35,2 \pm 1,2$	33,5 – 37,0
навоз 20 т/га	$1,48 \pm 0,03$	1,43 – 1,52	3,5	$43,8 \pm 0,9$	42,3 – 45,0
навоз 40 т/га	$1,50 \pm 0,04$	1,44 – 1,56	4,5	$44,4 \pm 1,2$	42,6 – 46,2
10 т/га навоза + $N_{50}P_{25}K_{60}$	$1,43 \pm 0,04$	1,37 – 1,49	4,6	$42,3 \pm 1,2$	40,6 – 44,1
HCP_{05}	0,10			3,0	

Статистические и скоростные характеристики отклика гумусного состояния почвы в случае систематического внесения полного минерального удобрения складывались иначе. Среднестатистическое содержание гумуса в почве оказалось достоверно выше и достигло $1,19 \pm 0,04$ % при более высоких величинах лимитов относительно неудобренного варианта. При всей позитивности этих оценок, длительное внесение минеральных удобрений не обеспечивало сохранение исходного содержания гумуса в почве, даже в интервале верхних границ выявленных лимитов – 1,25 %. Тем не менее, почвенная система в отношении гумусного состояния, несомненно, проявила положительный отклик на поступление туков, обеспечивая значительно меньшие количественные и скоростные темпы снижения исходного содержания гумуса в изучаемой почве. Последние по константе скорости снижения составили $k = 0,003 \text{ год}^{-1}$ и оказались втрое ниже варианта без внесения удобрений:

$$y, \% = 1,300 e^{-0,003t} \dots\dots\dots(2).$$

Фактические потери исходного содержания гумуса почвы в многолетнем ряду при внесении полного минерального удобрения оказались втрое ниже контрольного и составили 3,6 т/га со среднегодовой убылью 85 кг. Экспоненциальный характер отклика снижения гумуса в почве проявился в адекватном снижении ежегодных потерь, которые в первые шестнадцать лет (1967–1982) достигали 131 кг/га, в дальнейшем за четырнадцать лет (1983–1996) величиной убыли 107 кг, при последующем двенадцатилетнем (1997–2008) их отсутствии. Подобное обусловлено компенсацией

потерь органического вещества почвы поступлением корневых и пожнивных остатков, обеспечивая устойчивую стабилизацию содержания гумуса на уровне 1,19 %.

Наиболее позитивный отклик гумусного состояния почвы среди изучаемых вариантов удобрений отмечался при систематическом внесении навоза. Содержание гумуса в почве за 42 года внесения достигло $1,48 \pm 0,03 \dots 1,50 \pm 0,04$ % и в диапазоне нижних и верхних границ лимитов превышало исходное содержание. В концептуальном понимании, такой характер отклика связан с привнесением в почву как готовых форм гумусовых веществ, так и полуразложившихся органических остатков [16,17], а равно особенностями внутрисочвенной трансформации органической массы и более ускоренным и насыщенным включением в группы и фракции органического вещества почвы [2, 4, 18]. По всей видимости, последнее для изучаемой почвы сухой степи не стало исключением. Это косвенно подтвердилось и масштабами скоростных изменений гумуса в почве на варианте с внесением 20 т/га, которые в отличие от вариантов без и с внесением минеральных удобрений отражали увеличение содержания гумуса в почве с константой скорости роста $k = 0,002$ в год:

$$y, \% = 1,305 e^{0,002t} \dots \dots \dots (3).$$

Ранжирование количественных изменений содержания гумуса в почве по вариантам оценки в динамике многолетних рядов ($n = 42$) возрастало в ряду (%): без удобрений ($0,96 \pm 0,02$) → полное удобрение NPK ($1,19 \pm 0,04$) → навоз ($1,50 \pm 0,04$) с адекватным ранжированием кинетических параметров изменений: без удобрений ($k = 0,008 \text{ год}^{-1}$) → полное удобрение NPK ($k = 0,003 \text{ год}^{-1}$) → навоз ($k = 0,002$ в год).

Таким образом, минимальным уровнем содержания гумуса каштановых почв региона следует считать интервал величин 0,91 – 1,01%, полученный в варианте без удобрений на 42 год исследований. Применение минеральных удобрений стабилизирует содержание гумуса на 30 год внесения полного удобрения в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$. Систематическое применение органических удобрений отдельно и совместно с минеральными повышает содержание гумуса в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевцова, Л. К. Гумусное состояние и азотный фонд основных типов почв при длительном применении удобрений: автореф. д-ра. ... д-ра. биол. наук: 06.01.04 / Шевцова Любовь Константиновна. – М.: МГУ, 1988. – 48 с.
2. Гамзиков, Г. П. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования / Г. П. Гамзиков, М. Н. Кулагина // Обзорная информация. – М., 1992. – 48 с.
3. Романенков, В. А. Динамика запасов почвенного углерода в агроценозах Европейской Территории России (по данным длительных агрохимических опытов): автореф. дисс. ... д-ра. биол. наук: 06.01.04 / В. А. Романенков. – Москва, 2011. – 47 с.
4. Семенов, В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
5. Мерзлая, Г. Е. Биологические факторы в системах земледелия / Г. Е. Мерзлая // Агрохимия. – 2017. – № 10. – С. 24–36.
6. Сычев, В. Г. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почв / В. Г. Сычев, Л. К. Шевцова, Г. Е. Мерзлая // Агрохимия. – 2018. – № 2. – С. 3–21.
7. Лапухин, Т. П. Система применения удобрений в полевых севооборотах на каштановых почвах сухой степи Забайкалья: автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук: 06.01.04 / Т. П. Лапухин. – Барнаул, 2000. – 32 с.
8. Гамзиков, Г. П. Эффективность систем удобрения в полевых севооборотах на каштановых почвах Забайкалья / Г. П. Гамзиков, Т. П. Лапухин, А. К. Уланов // Агрохимия. – 2005. – № 9. – С. 24–30.
9. Чимитдоржиева, Г. Д. Органическое вещество холодных почв / Г. Д. Чимитдоржиева. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. – 338 с.
10. Уланов, А. К. Изменение содержания и состава органического вещества каштановой почвы под влиянием длительного агрогенного воздействия в условиях Бурятии / А. К. Уланов, Л. В. Будажапов, А. С. Билтуев // Агрохимия. – 2017. – № 9. – С. 90–96.
11. Система земледелия Республики Бурятия: научно-практические рекомендации / Д.-Ж.Ш. Чирипов, И. А. Калашников, А. П. Батудаев [и др.] – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2018. – 349 с.
12. Александрова, Л. Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л. Н. Александрова, О. А. Найденова. – Л.: Колос, 1986. – 280 с.
13. Кёршенс, М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и кругового рота азота / М. Кёршенс // Почвоведение. – 1992. – № 10. – С. 122–130.
14. Завьялова, Н. Е. Методические подходы к изучению гумусного состояния пахотных почв / Н. Е. Завьялова // Плодородие. – № 1. – 2006. – С. 11–15.
15. Шарков, И. Н. Концепция воспроизводства гумуса в почвах / И. Н. Шарков // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 21–27.
16. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
17. Тейт, Р. Органическое вещество почвы / Р. Тейт. – М.: Изд-во «Мир», 1991. – 399 с.
18. Борисов, Б. А. Органическое вещество почв (генетическая и агрономическая оценка) / Б. А. Борисов, Н. Ф. Ганжара. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 214 с.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ ОЗИМОЙ РЖИ В ДЛИТЕЛЬНОМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ

Н. В. УСКОВА, аспирант каф. экологии,
А. В. УСКОВ, аспирант каф. агрономической, биологической химии и радиологии,
РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,
г. Москва, Россия

Одним из важнейших факторов управления плодородием является контроль за состоянием органического вещества почвы [1]. Для того чтобы дать полную характеристику плодородия почв, важно определять не только содержание гумуса в почве, но и давать оценку его качественного состава. Именно при изучении структуры гумусовых веществ появляется возможность регулировать состав и свойства гумусовых соединений [2]. Влияние длительного применения удобрений на содержание гумуса наиболее полно можно изучить в многолетних стационарных опытах, где в течение многих лет внесение удобрений по определенной схеме повторяется в контролируемых условиях. Длительные полевые опыты дают возможность проводить наиболее объективную и достоверную оценку потерь и накопления органического вещества. Они позволяют провести комплексное изучение свойств, режимов, превращений органического вещества почвы в динамике и изучать проблемы плодородия почв [3].

Самый длительный полевой опыт с монокультурой ржи на территории России был заложен в 1885 году на Полтавской сельскохозяйственной опытной станции, с целью выяснения как будет вести себя другая культура, после многолетнего выращивания монокультуры на данной почве.

В качестве объекта исследования был выбран длительный полевой опыт РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Он был заложен А. Г. Дояренко в 1912 году. В опыте изучаются 3 фактора: севооборот, удобрение и известкование. Образцы для исследования были отобраны с делянок, занятых бесменно возделываемой озимой рожью. Для исследования были выбраны 4 системы удобрения – органоминеральная (навоз 20 т/га, N – 100 кг/га, P – 150 кг/га, K – 120 кг/га), органическая (навоз 20 т/га), минеральная (N – 100 кг/га, P – 150 кг/га, K – 120 кг/га) и контрольный вариант (без удобрений). Образцы были отобраны с известкованных и неизвесткованных участков [4].

В работе были использованы следующие методы: определение содержания органического углерода методом Тюрина в модификации ЦИНАО, определение содержания лабильного углерода методом Дьяконовой при помощи пирофосфатной вытяжки, определение содержания подвижных гумусовых веществ по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой, определение содержания углерода, экстрагируемого горячей водой, по методу Кёршинса, определение pH солевой и водной вытяжек, определение обменной и гидролитической кислотности, определение содержания подвижного алюминия по методу Соколова, определение содержания нитратного азота потенциометрическим методом, аммонийного азота – по методу ЦИНАО, определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, термографический метод исследования. Для определения показателей качества урожая был применен метод спектроскопии в ближней инфракрасной области при помощи БИК-анализатора SpectraStar 2600XT.

Термографический метод анализа основан на зависимости свойств вещества от температуры с получением термограмм, на которых изображены 4 типа кривых: температурная (Т), дифференциально-термическая (ДТА), термогравиметрическая (ТГ) и дифференциально-термогравиметрическая (ДТГ) [5,6]. При интерпретации результатов анализа термические эффекты разделяют на низко- и высокотемпературную область, которые соответствуют периферической и центральной частям гумусовых веществ. По величине температуры термоэффектов в этих областях судят о прочности связей в структуре гумусовых веществ, а по количеству эффектов – о количестве компонентов в периферической и центральной частях. В рамках термографического метода исследования был проведен совмещенный термогравиметрический и дифференциальный термический анализ почвенных образцов с использованием дериватографа системы Паулик – Паулик – Эрдей. [6].

Спектроскопия ближней инфракрасной области (БИК-спектроскопия) представляет собой современный инструментальный метод количественного и качественного анализа разных объектов.

Не все соединения поглощают инфракрасное излучение, и только те, которые поглощают могут быть проанализированы с помощью метода БИК. Вода поглощает, а также органические соединения,

такие как белок, жир, крахмал, сахар и многие другие. Эти соединения могут быть измерены с помощью БИК, если они присутствуют на уровне, который не является слишком низким. Во многих случаях предел для измерения метода БИК составляет около 0,1%, но существует ряд примеров приложений, в которых измеряются более низкие концентрации.

Таблица 1. Влияние систем удобрения на содержание активных компонентов гумуса

Система удобрения	Урожайность	$C_{орг}$	$C_{лаб}$	$C_{тк}$	$C_{фк}$	$C_{ЭГВ}$
Контроль без извести	12,3	1,09	0,18	0,087	0,235	0,055
Контроль по извести	12,6	0,98	0,16	0,082	0,196	0,049
Органическая без извести	16,5	2,00	0,33	0,169	0,413	0,099
Органическая по извести	16,2	1,89	0,31	0,159	0,368	0,095
Минеральная без извести	23,0	1,45	0,24	0,123	0,286	0,073
Минеральная по извести	24,8	1,27	0,21	0,106	0,263	0,064
Органоминеральная без извести	24,6	1,93	0,32	0,164	0,398	0,097
Органоминеральная по извести	26,3	1,78	0,30	0,145	0,364	0,089
НСР	2,34	0,08	0,01	0,015	0,021	0,004

Исследование почвенных образцов (табл.1) показало, что для всех активных компонентов гумуса содержание углерода в почве без внесения извести выше, чем в почве известкованных вариантов, лучшими вариантами удобрения являются органическая и органоминеральная система без известкования, а худшим вариантом является контроль на фоне известкования.

По соотношению $C_{тк}:C_{фк}$ тип гумуса по всем системам удобрения является фульватным. Эффект от известкования почвы на поле озимой ржи выявлен по всем системам удобрения. Наиболее высокое значение рН (табл. 2) наблюдается в органической системе удобрения на фоне известкования, а наиболее низкое значение наблюдается в контрольном варианте без известкования. Катионов подвижного алюминия в почве известкованных участков не обнаружено ни по одной системе удобрения. Для неизвесткованных участков наилучший результат при бессменном возделывании озимой ржи обнаружен на органической системе удобрения, а наихудший – в контрольном варианте. По обеспеченности подвижными формами фосфора и калия почвы относятся к 5–6 классу и только контрольный вариант по содержанию калия к 3–4. По содержанию доступных форм азота, почвы всех вариантов относятся к 1–2 классу, за исключением органоминеральной системы удобрения для озимой ржи, для данного варианта определены 3 и 4 классы без известкования и с известкованием соответственно.

Таблица 2. Влияние систем удобрения на физико-химические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы

Система удобрения	pH_{KCl}	pH_{H_2O}	Al, мг-экв/100 г	NH_4^+ , мг/кг	NO_3^- , мг/кг
Контроль без извести	5,34	5,97	1,6	16,8	38,2
Контроль по извести	5,88	6,15	0,0	7,5	15,6
Органическая без извести	6,19	6,56	0,0	43,6	31,8
Органическая по извести	6,27	6,95	0,0	51,6	31,9
Минеральная без извести	5,30	6,26	0,3	20,6	27,9
Минеральная по извести	5,34	6,52	0,0	20,4	19,8
Органоминеральная без извести	5,89	6,58	0,6	44,5	28,1
Органоминеральная по извести	6,07	6,83	0,0	45,9	21,1
НСР	0,31	0,33	–	–	–

Дериватографический метод анализа позволяет определить общее содержание органического вещества в образце. Для сравнения полученных результатов с методом Тюрина в модификации ЦИНАО был рассчитан коэффициент корреляции, величина которого говорит о том, что оба метода приемлемы для отражения закономерностей накопления органического вещества почвы в зависимости от применяемой системы удобрения. Но нетрудно заметить, что количество органического вещества, определенное термографическим методом, по всем вариантам выше, чем определенное методом Тюрина в модификации ЦИНАО. Более точным является термический метод анализа, так как в нем о количестве органического вещества судят по потере массы при воздействии температуры. Кроме того, по максимальной температуре разрушения можно определить прочность связи органического вещества, а так же определить качественный состав гумуса, что делает термографический метод анализа более предпочтительным.

Данные дериватографического анализа почвенных образцов показывают, что периферическая часть органического вещества более прочно связана в неизвесткованных вариантах. Исключением

стала органическая система удобрения. Наиболее прочная и с большим количеством компонентов центральная часть гумусовых веществ характерна для органической и минеральной систем удобрения с известкованием, а так же для органоминеральной системы удобрения без известкования. Применение извести также способствует большему накоплению гигроскопической воды в почве всех вариантов.

Наибольшая масса 1000 зерен, так же как и наибольшая урожайность, характерна для варианта с органоминеральной системой удобрения без известкования, а вот наибольшая средняя длина колоса, а также наибольшее среднее количество зерен в колосе наблюдается в органоминеральной системе удобрения с известью. Наименьшая урожайность и количество растений на 1 м² наблюдается в варианте с органической системой удобрения без извести, причем средняя длина растения и колоса в этом варианте является медианой. В целом, в известкованных вариантах наблюдается большее количество растений на 1 м², за исключением органоминеральной системы удобрения. Средние длины растения и колоса, а так же среднее количество зерен в колосе выше в известкованных вариантах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черников, В. А. Изменения гумусовых соединений почвы в длительном стационарном опыте ТСХА // Плодородие – 2002. – № 4. – С. 34–36.
2. Черников, В. А. Комплексная оценка гумусового состояния почв // Известия ТСХА – 1987. – № 6. – С. 83–94.
3. Когут, Б. М., Фрид А. С., Масютенко Н. П. и др. Динамика содержания органического углерода в типичном черноземе в условиях длительного полевого опыта // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 37 – 44.
4. Длительный полевой опыт 1912 – 2012: Краткие итоги научных исследований / Под ред. Академика РАСХН В. М. Баутина. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева – 2012.
5. Хмельницкий, Р. А., Черников В. А. Использование инструментальных методов при исследовании структуры гумусовых соединений // Известия ТСХА – 1977. – №6. – С. 193–202.
6. Белопухов, С. Л., Шнее Т. В., Дмитриевская И. И. Методические указания по проведению испытаний биологических образцов методом термического анализа. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. – 87 с.

УДК 631.459.21+ 550.424.6

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ¹³⁷Cs ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

А. М. УСТИНОВА канд. с-х. наук, доцент,
В. Б. ЦЫРИБКО, канд. с-х. наук,
И. А. ЛОГАЧЁВ

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

Авария на Чернобыльской АЭС привела к загрязнению радиоактивными элементами 23 % территории Республики Беларусь [1]. Негативное воздействие техногенной катастрофы на природные и антропогенные ландшафты усугубляется подверженностью значительных площадей земель эрозионным процессам, которые способствуют перераспределению радионуклидов с жидким и твердым стоком, что отражено в работах различных авторов [2–5]. В результате радионуклиды, как и другие элементы, мигрируют из элювиальных ландшафтов в супераккумулятивные, формируя территории с повышенной концентрацией, приуроченные к нижним частям склона, элементам овражно-балочной сети и поймам рек [6].

Изучение миграции радионуклидов с эрозионными процессами является важной задачей для оценки современного состояния загрязненных земель, формирования безопасного землепользования и преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Для изучения перераспределения ¹³⁷Cs эрозионными процессами было заложено шесть почвенно-геоморфологических катен, охватывающих незеродированные, эродированные и намывные дерново-подзолистые почвы на территории Славгородского и Чериковского районов Могилевской области, Ветковского и Добрушского районов Гомельской области.

В ходе исследования было изучено изменение плотности загрязнения ¹³⁷Cs в почвах различной степени эродированности. Полученные данные отражены в таблице.

В результате установлено, что содержание ¹³⁷Cs существенно варьирует в зависимости от степени эродированности почв. Анализируя изменения активности по склону, отмечается постепенное уменьшение плотности загрязнения с увеличением степени эродированности. На слабоэродированных почвах содержание ¹³⁷Cs меньше, чем на незеродированных на 2,7–17,6 %, на среднеэродированных – меньше на 15,6–34,1 %, на сильноэродированных – на 33,9–50,1 %. Наибольшее снижение плотности загрязнения отмечено на сильноэродированных почвах катены № 3,

на которых активность радионуклида меньше на 50,1 % в сравнении с незэродированной почвенной разновидностью.

Влияние эрозионных процессов на перераспределение ^{137}Cs

№	Потенциальный смыв, т/га в год	Тип земель	Степень эродированности почвы	Плотность загрязнения, Ки/км ²	Изменение активности ^{137}Cs	
					Ки/км ²	%
1	5–10	пашня	неэродированная	8,11	–	–
			слабоэродированная	7,13	-0,98	-12,1
			среднеэродированная	6,03	-2,08	-25,6
			намытая	10,21	+2,1	+26,9
2	до 5	пашня	неэродированная	6,94	–	–
			слабоэродированная	6,53	-0,41	-5,9
			среднеэродированная	5,25	-1,69	-24,4
			намытая	8,30	+1,36	+19,6
3	10–15	пашня	неэродированная	5,59	–	–
			слабоэродированная	5,28	-0,31	-5,5
			среднеэродированная	4,04	-1,55	-27,7
			сильноэродированная	2,79	-2,80	-50,1
4	до 5	луг	намытая	8,24	+2,65	+47,4
			неэродированная	7,90	–	–
			слабоэродированная	7,69	-0,21	-2,7
			намытая	8,28	+0,38	+4,8
5	5–10	пашня	неэродированная	14,22	–	–
			слабоэродированная	11,72	-2,5	-17,6
			среднеэродированная	9,37	-4,85	-34,1
			намытая	17,50	+3,28	+23,1
6	10–15	луг	неэродированная	10,30	–	–
			слабоэродированная	9,08	-1,22	-11,8
			среднеэродированная	8,69	-1,61	-15,6
			сильноэродированная	6,81	-3,49	-33,9
			намытая	11,25	+0,95	+9,2

Наибольшие значения удельной активности на всех изученных почвенно-геоморфологических катенах соответствуют намытым почвам (плотность загрязнения ^{137}Cs достигает 17,5 Ки/км²). Такое распределение совпадает с горизонтальной миграцией радионуклидов в элементарных геохимических ландшафтах.

Результаты наших исследований подтверждаются литературными данными, в которых отмечается, что разница между активностью радионуклидов на территории с высокой вертикальной расчлененностью рельефа может достигать 2–5 Ки/км² [7].

Кроме того, горизонтальный перенос зависит от интенсивности эрозионных процессов. В проведенном исследовании отмечено, что на почвах с интенсивностью смыва до 5 т/га в год происходит увеличение содержания ^{137}Cs на намытых разновидностях в сравнении с незэродированными до 19,6 %, на почвах с интенсивностью смыва 5–10 т/га – на 23,1–26,9 %, а на почвах со смывом 10–15 т/га – до 47,4 %.

Перемещение радионуклидов эрозионными процессами существенно зависит от характера и интенсивности хозяйственного использования склоновых земель. В результате ранее проведенных исследований в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» отмечено различие в распределении ^{137}Cs в зависимости от использования склоновых земель. Отмечено, что активность радионуклида в намытых почвах в сравнении с незэродированными при зернопропашном севообороте выше приблизительно на 50 %, в зернотравяном – на 37 %, а в травяно-зерновом на – 13 % [5].

Проведенное исследование подтверждает ранее полученные результаты. На почвах с интенсивностью смыва до 5 т/га, занятых луговыми землями, горизонтальная миграция радионуклидов на слабоэродированных разновидностях в 2,2 раза меньше, а на намытых – в 4,1 раза меньше, в сравнении с идентичными почвами пахотных земель. При интенсивности смыва 10–15 т/га увеличение содержания ^{137}Cs в намытых почвах под пахотными землями выше в 5 раз, чем на луговых землях.

Следовательно для предотвращения формирования локальных пятен высокой концентрации элемента и снижения вероятности переноса ^{137}Cs твердым и жидким стоком в водные объекты необходимо реализовывать комплекс противоэрозионных почвозащитных мер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси / Под. ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. – М., Минск, 2009. – 140 с.

2. Подоляк, А. Г. Влияние вертикальной миграции и форм нахождения ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах на их биологическую доступность на примере естественных лугов Белорусского Полесья / А. Г. Подоляк // Агрохимия. – 2007. – № 2. – С. 72–82.
3. Смеян, Н. И., Самусик И. Д. Распределение радионуклидов по профилю почв разного генезиса / Н. И. Смеян, И. Д. Самусик // Почвенные исследования и применение удобрений. – 1999. – Вып. 25. – С. 50–56.
4. Горизонтальная и вертикальная миграция ^{137}Cs в склоновых ландшафтах/ В. К. Кузнецов [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2009. – том. 49. – №3. – С. 282–290.
5. Горизонтальная миграция ^{137}Cs при водной эрозии почв / Н. Н. Цыбулька [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2004. – Т.44. – №4. – С. 484–488.
6. Геохимия ландшафта: учеб. пособие / Н. К. Чертко [и др.]. – Минск, 2011. – 303 с.
7. Цыбулька, Н. Н. Горизонтальная миграция радионуклидов при эрозии почв / Н. Н. Цыбулька, А. Ф. Черныш, И. И. Жукова // Актуальные проблемы экологии: материалы I международной научной конференции. – Гродно, 2005. – Ч.2. – С. 208–211.

УДК 631.445.4:631.316(470.6)

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

В. И. ФАИЗОВА, д-р с.-х. наук, доцент,
В. С. ЦХОВРЕБОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
А. М. НИКИФОРОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
В. Я. ЛЫСЕНКО, канд. с.-х. наук,
А. Б. УМАРОВ, соискатель,
А. Н. ДЖАНДАРОВ, техник,
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь, Россия

Одним из наиболее важных показателей уровня почвенного плодородия является степень обеспеченности подвижными формами фосфора [1,2]. Оптимальное его содержание в почве оказывает положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции, ускоряет процесс созревания и способствует повышению их устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды [3,4,5].

Для проведения исследований по методу «ключей» были выбраны сопряженные участки целины и пашни на различных подтипах черноземов Центрального Предкавказья: южных, обыкновенных карбонатных, обыкновенных обычных, выщелоченных, солонцеватых и солонцевато-слитых. Чернозёмы южные, обыкновенные и выщелоченные образованы на лёссовидных суглинках, солонцеватые и солонцевато-слитые на элювии майкопских глин.

Наблюдения проводились с 2004 по 2012 год. На пашне высевалась озимая пшеница. Целинный травостой на всех изучаемых черноземах представлен преимущественно разнотравно-злаковыми ассоциациями. На целинных участках исследования проводились в те же сроки, что и на пашне. Отбор почвенных образцов для анализа из зоны ризосферы производили в сезонной динамике по основным фазам вегетации озимой пшеницы: осеннее и весеннее кушение, выход в трубку, цветение, молочная спелость, после уборки культуры.

В результате исследований было выявлено (таблица), что в 2006 году содержание подвижного фосфора в сезонной динамике на целине чернозема южного не претерпевало значительных изменений ($\text{НСР} = 2,14$). Его количество было наибольшим в фазу соответствующую выходу озимой пшеницы в трубку и составляло 14,3 мг/кг и постепенно снижалось к послеуборочному периоду до 11,0 мг/кг.

Динамика содержания подвижного фосфора в черноземе южном на целине и пашне под озимой пшеницей, мг/кг

Годы	Кушение осеннее	Кушение весеннее	Выход в трубку	Цветение	Молочная спелость	После уборки	Среднее за вегетацию
целина							
2006	12,3	13,5	14,3	13,6	12,2	11,0	12,8
2007	10,3	11,3	12,4	11,4	11,0	10,3	11,1
2010	14,6	15,4	15,5	14,2	12,3	11,0	13,8
2012	13,4	13,6	14,4	13,3	12,2	12,0	13,1
среднее	12,7	13,5	14,2	13,1	12,0	11,1	12,7
пашня							
2006	23,0	25,4	23,9	20,9	21,5	20,3	22,5
2007	13,0	14,3	17,5	15,7	13,1	11,1	14,1
2010	18,8	24,1	22,3	18,5	17,5	15,1	19,4
2012	17,6	22,3	18,7	17,7	17,4	16,2	18,9
среднее	18,1	21,5	20,6	18,2	17,4	15,7	18,7

На пашне максимальное количество данного элемента питания растений соответствовало фазе весеннего кушения озимой пшеницы (25,4 мг/кг) и превышало целинный показатель в 2 раза. К концу вегетации наблюдалось снижение обеспеченности почв пашни подвижным фосфором на 5,1 мг/кг при незначительных изменениях в сезонной динамике.

Среднее за вегетацию содержание подвижного фосфора на пашне в 1,7 раза выше, чем на целине, что связано с внесением удобрений под сельскохозяйственную культуру.

В последующие годы проведения исследований выявленная закономерность сохраняется как на целине, так и на пашне при незначительно выраженной динамике изменения обеспеченности почвы фосфором за весь период вегетации растений. Некоторые колебания связаны с условиями увлажнения почвы. Необходимо отметить, что в засушливых условиях разница в содержании обменного фосфора между целиной и пашней не столь ощутима, как при достаточном увлажнении почвенного профиля. Так, например, во все фазы онтогенеза озимой пшеницы в засушливом 2007 году различия в количестве обменного фосфора на целинном и пахотном ключевых участках были незначительны и в среднем за вегетацию составили лишь 3,0 мг/кг, в то время как в во влажный 2006 год – 9,0 мг/кг.

На черноземе южном в сезонной динамике содержание подвижного фосфора не претерпевало значительных изменений, как на целине, так и на пашне в период вегетации озимой пшеницы. Почва на пашне среднеобеспечена подвижным фосфором вследствие регулярного внесения фосфорсодержащих удобрений. Целинные почвы на протяжении всего периода проведения исследований относятся к низко обеспеченным этим элементом питания.

Среднее содержание изучаемого элемента питания на пашне чернозема южного составляет 21,3 мг/кг, что в 1,8 раза выше, чем на целине.

Таким образом, существенной разницы в обеспеченности почв подвижным фосфором по фазам вегетации и годам исследований внутри целинных и пахотных угодий не наблюдается. На пашне, по сравнению с целиной, содержание этого элемента питания растений в начале их развития выше за счет внесения его с удобрениями. К концу вегетации обеспеченность растений подвижным фосфором на пашне ниже, чем на целине. Это происходит в результате его выноса вместе с урожаем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казеев, К. Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. – 260 с.
2. Kolesnikov, S. I. The Influence of Soil Contamination of The Black Sea Coast of The Caucasus By Heavy Metals and Oil on The Abundance of Azotobacter Genus Bacteria S. I. Kolesnikov, A. A Kuzina, K. Sh Kazeev, T. V. Denisova, Yu. S Kozun, and Yu. V. Akimenko // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7(6), pp. 718–724.
3. Шеуджен, А. Х. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при длительном применении минеральных удобрений / А. Х. Шеуджен, С. А. Кольцов, О. А. Гуторова, И. А. Лебедевский, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов, С. В. Есипенко // Наука Кубани. № 1. – 2017. – С. 35– 39.
4. Титова, В. И. Агроэкосистемы: проблемы функционирования и сохранения устойчивости / В. И. Титова, М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова – Н. Новгород: НГСХА. – 2002. – 211 с.
5. Подколзин, О. А. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О. А. Подколзин, И. В. Соколова, А. В. Осипов, В. Н. Слюсарев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – № 68. – 2017. – С. 117–124.

УДК 631.461:631.416.4 (470.630)

ВЛИЯНИЕ РАСПАШКИ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И ЮЖНОГО НА ЧИСЛЕННОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ

В. И. ФАИЗОВА, доктор с.-х. наук, доцент,
В. С. ЦХОВРЕБОВ, доктор с.-х. наук, профессор,
А. М. НИКИФОРОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
Д. В. КАЛУГИН, канд. с.-х. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь, Россия

Процесс почвообразования в естественных условиях и в агроценозах имеет существенные различия. Вовлечение черноземов в сельскохозяйственное производство приводит к ухудшению их состава и свойств, что в конечном итоге приводит к снижению уровня плодородия почвы [1–3].

В качестве объектов исследования были выбраны наиболее контрастные по условиям почвообразования черноземы: южные и выщелоченные.

Цель нашей работы заключалась в установлении различий в количестве микромицетов на черноземах выщелоченных и южных, испытывающих сельскохозяйственное воздействие и их целинных аналогов за период 2004–2012 гг.

Исследования проводились в границах землепользования АО «Балахоновское» Кочубеевского района Ставропольского края на черноземе выщелоченном мощном тяжелосуглинистом на лессовидных суглинках и в СХП колхозе «Родина» Красногвардейского района на черноземе южном среднемощном тяжелосуглинистом на лессовидных суглинках на следующих ключевых участках: 1 – целина, 2 – пашня.

Целинный травостой представлен разнотравно-злаковой ассоциацией. Участки пашни засевались в год исследований озимой пшеницей. Весь комплекс полевых и лабораторных исследований проводился в сезонной динамике по основным фазам вегетации озимой пшеницы: всходы, весеннее кушение, цветение, молочно-восковая зрелость, после уборки культуры. На целинных участках исследования проводились в те же сроки, что и на пашне. Для культивирования микроскопических грибов использовалась среда Чапека-Докса подкисленная лимонной кислотой.

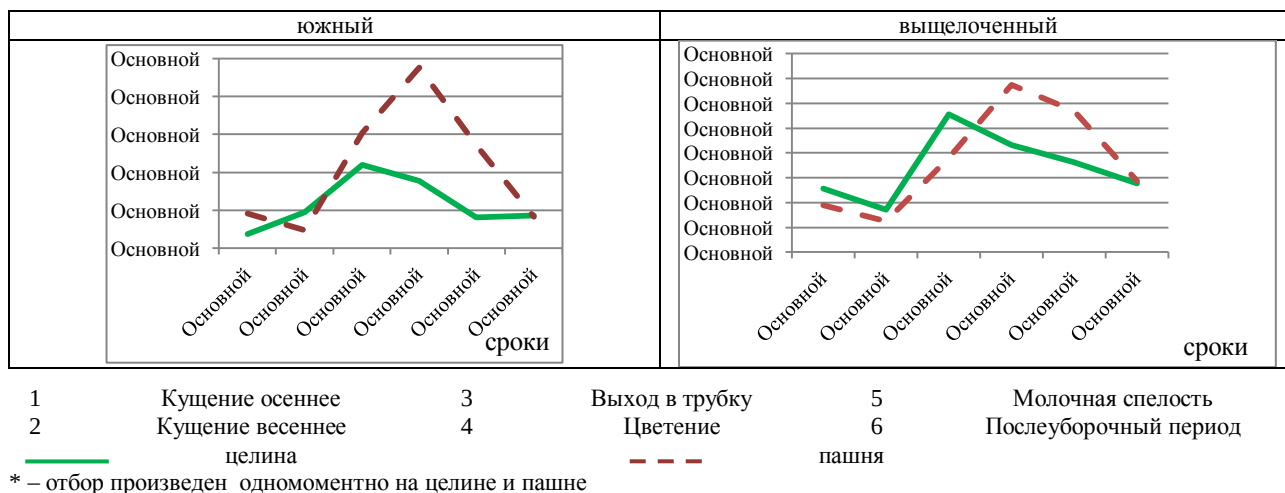


Рис. 1. Сезонная динамика численности микромицетов по фазам вегетации озимой пшеницы в среднем за годы исследований, тыс. КОЕ/1г

Согласно схеме агроклиматического районирования Ставропольского края, землепользования АО «Балахоновское» Кочубеевского района по условиям влагообеспеченности относится к зоне устойчивого увлажнения, а СХП колхоз «Родина» – в зоне недостаточного увлажнения.

Микромицеты играют важнейшую роль в процессах почвообразования: начинают разрушение таких стойких соединений как лигнин, хитин, клетчатка, дубильные вещества и способны значительно полнее использовать энергию органических веществ, чем бактерии; активно участвуют в превращениях соединений азота и способствуют улучшению структуры почвы, агрегируя почвенные частицы [4,5].

По вариантам исследований нами выявлена значительная разница в количестве грибной микрофлоры как между целиной и пашней, так и на различных подтипах черноземных почв (рис. 1).

При анализе сезонной динамики численности микромицетов в среднем по годам исследований, выявили, что на целине чернозема южного минимальные значения приходятся на осенний период (18,9 тыс. КОЕ/1г), а максимальные на сроки, соответствующие фазе выхода в трубку озимой пшеницы (110,1 тыс. КОЕ/1г). Разница между ними составляет 91,2 тыс. КОЕ (5,8 раза). На пашне возрастает количество микроорганизмов до 237,7 тыс. КОЕ в фазу цветения озимой пшеницы и увеличивается разница между минимальными (фаза весеннего кушения) и максимальными показателями до 10,0 раз.

На целине чернозема выщелоченного минимальные показатели численности микроскопических грибов приходятся на ранневесенний период и составляют 85,7 тыс. КОЕ/1г. Максимум микромицетов отмечен в срок, соответствующий фазе выхода озимой пшеницы в трубку с показателем 277,9 тыс. КОЕ/1г. Разница между ними составляет 192,2 тыс. КОЕ (3,2 раза). На пашне наименьшее количество микроорганизмов данной физиологической группы отмечено в фазу весеннего кушения сельскохозяйственной культуры и составляет 62,6 тыс. КОЕ/1г. К фазе цветения численность микроорганизмов возрастает до 337,6 тыс. КОЕ. Разница между минимальными и максимальными показателями достигает 5,4 раза.

Если сравнивать среднее количество микромицетов за вегетацию по годам (рис. 2), то на черноземе южном можно наблюдать увеличение исследуемого показателя на пашне по сравнению с целиной в 1,8–2,5 раза.

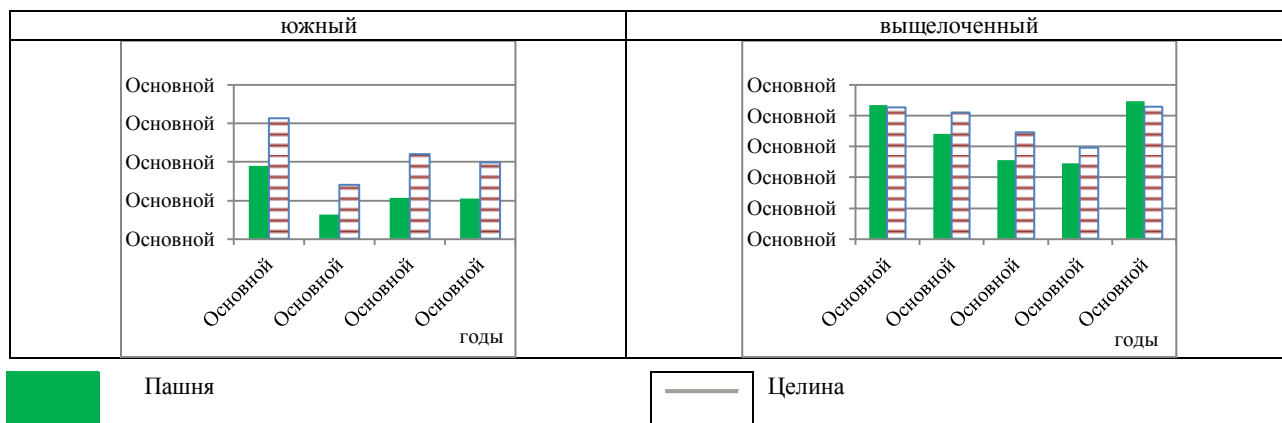


Рис. 2. Среднее за вегетацию количество микромицетов по годам, тыс. КОЕ/1г

Наибольшие значения соответствовали влажному 2006 году, а наименьшие – засушливому 2007 году. Факт увеличения грибной популяции не является положительным при анализе почвенного плодородия. На черноземе выщелоченном в 2004 и 2011 годах количество микромицетов выше на пашне, хотя также незначительно и несущественно. В 2005, 2007 и 2009 годах содержание грибов на пашне достоверно превосходит аналогичный показатель на целине. На наш взгляд, это можно объяснить тем, что на пашне больше биомасса культурной растительности, которая опосредовано через корневые выделения стимулирует развитие грибной микрофлоры.

Таким образом, микробиологические показатели целины относительно стабильны в сезонной динамике, а на пашне наблюдается их значительное варьирование. В микробном составе почв пахотных угодий наблюдается тенденция к возрастанию численности грибной микрофлоры. Наибольшее количество микроорганизмов наблюдается в лесном биотопе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишустин, Е. Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. М.: изд-во Наука, - 1975 - 184 с.
2. Мирчинк, Т. Г. Почвенные грибы как компонент биогеоценоза / Т. Г. Мирчинк // Почвенные микроорганизмы как компоненты биогеоценоза. – М.: Изд-во Наука, 1984. – С. 114–131.
3. Марфенина, О. Е. Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах: автореф. дис... доктора биологических наук / О. Е. Марфенина. – М.: МГУ, 1999. – 48 с.
4. Казеев, К. Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. – 260 с.
5. Власенко, В. П. Деградационные процессы в почвах Северо-западного Кавказа и методы их регулирования В. П. Власенко, В. И. Терпелец, Ю. С. Попова, Т. В. Швеи, В. В. Костенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 58. – С. 79–83.

УДК 631.45

ПОСЛЕУБОРОЧНОЕ ДОЗАРИВАНИЕ СЕМЯН И ТОКСИКОЗ ПОЧВ

Г. Н. ФЕДОТОВ, д-р биол. наук,
МГУ им. М. В. Ломоносова,
г. Москва, Россия
В. С. ШАЛАЕВ, д-р техн. наук, профессор,
Ю. П. БАТЫРЕВ, канд. техн. наук, доцент,
МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана,
г. Мытищи, Россия

Явление послеуборочного дозаривания семян зерновых культур достаточно хорошо известно [1]. Объясняют его действием физиологического механизма торможения, который характерен для очень многих растений, произрастающих в умеренной и субтропической зонах. Для зерновых культур свойственен неглубокий морфофизиологический покой. Он выражается в том, что свежесобранные семена при нормально благоприятных температурных условиях не прорастают совсем или имеют пониженную всхожесть. Из неглубокого покоя семена обычно выходят в течение нескольких месяцев сухого хранения. Считают, что данный вид покоя обусловлен пониженной активностью зародыша, которая в сочетании с ухудшением газообмена образует двойной (физиологический) механизм торможения [1].

Довольно давно известна также способность почв подавлять развитие растений. Н. А. Красильников исследовал несколько тысяч незагрязненных поллютантами образцов подзолистых почв и пришел к выводу, что практически все они обладали токсичностью не только по отношению к высшим растениям, но и к микроорганизмам, в частности, к азотобактеру.

Существует несколько механизмов образования токсичных для растений веществ. Они выделяются фитопатогенами (для снижения иммунитета растений), растениями (для борьбы с конкурентами), из разлагающихся в почве растительных остатков и вырабатываются микроорганизмами, разлагающими растительные остатки [2]. К проявлению токсикоза приводят разнообразные воздействия на почву, меняющие ее микробиологический состав, например, избыточное использование минеральных удобрений. Наиболее сильно токсикоз почв воздействует на прорастание семян и дальнейшее развитие растений [2]. В настоящее время основными способами изучения токсикоза почв являются методы биотестирования.

Представляло определенный интерес и могло дать дополнительную информацию об обоих процессах выяснение результата взаимодействия семян, прошедших и непрошедших послеуборочное дозаривание, с аллелотоксинами почвах. В связи с этим целью работы являлось изучение ингибирования аллелотоксинами, содержащимися в дерново-подзолистой почве, прорастания семян яровой пшеницы разных сортов, прошедших и непрошедших послеуборочное дозаривание.

Исследования проводили на семенах яровой пшеницы (*Triticum*) сорта «Лиза», «Любава», «Агата», «Рима», «Эстер» и «Злата» через 1–1,5 месяца после уборки урожая и через 2,5–3 месяца. В работе использовали: сухой отмытый речной песок с размером частиц 0,5–0,8 мм и образцы дерново-подзолистой почвы из окрестностей поймы р. Яхромы влажностью 18,1 %.

Для получения количественной информации по влиянию изучаемых почв на развитие семян конкретных культур и сортов необходимо проводить сравнение с некими стандартными образцами. В связи с тем, что мы изучаем развитие семян в течение 2 суток, а следовательно, развитие зерновок идет за счет накопленных питательных веществ, и поступление элементов питания из почв не оказывает значимого влияния на развитие семян, хорошим образцом сравнения, не содержащим токсинов, является промытый речной песок.

Влажность субстратов оказывает большое влияние на развитие в них семян, поэтому возник естественный вопрос: при какой влажности почв и песка проводить сравнение? Очевидно, что при недостаточной влажности развитие семян будет замедляться из-за недостатка воды, также как оно будет замедляться при избыточной влажности из-за недостатка кислорода. Развитие семян в оптимальных водно-воздушных условиях позволяет исключить влияние этих факторов (недостатка воды и кислорода) как негативных, что позволяет количественно определять ингибирование развития семян токсинами, содержащимися в почвах.

Оптимальные навески воды для песка и почв подбирали по максимальному количеству углекислоты, выделяемому системой за 2 суток (на вторые сутки начинается развитие проростков). Следует отметить, что оптимальность добавляемых навесок воды для развития семян в различных почвах, определенная по максимуму выделения углекислоты «прорастающие семена – субстрат» была проверена и подтверждена путем изучения влияния влажности на максимальную длину проростков.

Для используемых субстратов оптимальные навески воды для стаканчиков (чашек) составили: песка – 5 (15) г, дерново-подзолистой почвы – 3 (9) г.

Было изучено влияние почв на изменение длины проростков 7,5 г семян (~200 шт) при их прорастании в различных почвах. Длину проростков определяли, используя экспресс-метод, основанный на существовании линейной зависимости между насыпным объемом проросших семян в воде и длиной их проростков [3]. Проросшие в почве или песке семена отмывали от субстрата и помещали порциями в мерный цилиндр на 100 мл с водой, размещенный на вибростол, колеблющийся с частотой 50 Гц. После помещения в цилиндр каждой порции проросших семян, которые создавали ажурную пористую структуру, на них на 15–20 секунд помещали небольшой грузик массой 8 г в виде резиновой пробки, что приводило к уплотнению структуры. Далее на них клали грузик и проводили дополнительное уплотнение структуры легкими постукиваниями (30–40) цилиндра с семенами о стол. Эти операции позволяли создать достаточно однородную структуру, а нижняя граница груза позволяла определять насыпной объем с точностью до 0,5 мл.

При проведении экспериментов на дно чашки диаметром 95 мм помещали 30 г почвы или песка, затем ровным слоем размещали 7,5 г семян, а сверху – 30 г почвы или песка соответственно. После этого в чашку равномерно добавляли из мерной пипетки воду. Использовали шестикратную повторность с последующей статистической обработкой результатов. В связи с использованием в одном опыте 1000–1200 семян удавалось минимизировать ошибку, связанную с

разнокачественностью семян. В результате ошибка опыта не превышала 7 % при 95 % уровне значимости.

Выделение углекислоты определяли, помещая в стаканчик с диаметром дна 55 мм 10 г почвы или песка, на нем располагали ровным слоем 2,5 г семян и засыпали их 10 г почвы или песка соответственно, добавляли из пипетки необходимое количество воды, чтобы она достаточно равномерно увлажняла субстрат. Площадь дна стаканчиков была в 3 раза меньше площади дна используемых для определения длины проростков чашек диаметром 95 мм, что позволяло для достижения одинаковых условий изучения прорастания семян в чашках и стаканчиках использовать меньшие в 3 раза навески субстрата (почвы или песка), семян и воды. После добавления воды стаканчики с семенами и субстратом ставили в стеклянную емкость объемом 3 литра, которую герметично закрывали. Емкости термостатировали при температуре 22 °С в камере, в которую входила 21 емкость.

Опыты проводили в 7-кратной повторности с последующей статистической обработкой результатов. Ошибка не превышала 5 % при 95 % уровне значимости.

Концентрацию углекислоты измеряли при помощи прибора «Testo 535», который позволяет определять концентрацию CO₂ в газовой смеси при содержании 0–9999 ppm.

Была изучена относительно песка способность дерново-подзолистой почвы ингибировать прорастание семян и развитие проростков семян пшеницы, прошедших и не прошедших послеуборочное дозаривание.

Из полученных результатов (табл.) следует, что поведение семян, полностью не прошедших послеуборочное дозаривание (1–1,5 месяца после уборки урожая) и прошедших послеуборочное дозаривание (2,5–3 месяца после уборки урожая), очень сильно отличается.

Развитие семян, не прошедших послеуборочное дозаривание в большинстве случаев не угнетается, а стимулируется почвами, а проявляющееся на сортах пшеницы «Лиза» и «Агата» угнетение заметно меньше, чем угнетение этих же семян, прошедших послеуборочное дозаривание.

Влияние дерново-подзолистой почвы на прорастание и развитие семян пшеницы по сравнению с их развитием в песке, выраженное в процентах стимуляции (+) или ингибирования (-)

Сорта яровой пшеницы	Время, прошедшее после сбора урожая	
	1–1,5 месяца	2,5–3 месяца
Злата	+ 17 %	- 42 %
Рима	+ 36 %	- 36 %
Эстер	+273 %	- 65 %
Агата	- 25 %	- 52 %
Лиза	- 12 %	- 49 %
Любава	+ 2 %	- 34 %

Сопоставление насыпных объемов и времен прорастания семян на песке и дерново-подзолистой почве, прошедших и не прошедших послеуборочное дозаривание, показало, что рост ингибирования развития семян дерново-подзолистой почвой происходит, в первую очередь, за счет ускорения развития семян в песке и в значительно меньшей степени за счет замедления развития семян, прошедших послеуборочное дозаривание, в почве.

Полученные результаты позволяют предположить, что значительное замедление на песке развития семян, не прошедших послеуборочное дозаривание, связано с недостатком в этих семенах биологически активных веществ (БАВ). Если бы это было обусловлено затруднением поступления кислорода в семена, то на песке и почве наблюдали бы сходные результаты. Следовательно, пониженная активность зародыша [1] проявляется в его неспособности вырабатывать в необходимых для прорастания семян количествах БАВ.

Из представленных данных следует, что недостаток БАВ, необходимых для прорастания семян, не прошедших послеуборочного дозаривания семян, может компенсироваться их поступлением из почвы. Таким образом, из почв в семена могут поступать не только аллелотоксины, ингибирующие развитие семян, но и БАВ, способные стимулировать развитие семян, а процесс взаимодействия семян с почвой следует рассматривать не как ингибирование аллелотоксинами почв развития семян, а как результирующий процесс, обусловленный поступлением в семена аллелотоксинов и БАВ, ускоряющих развитие семян.

Обнаруженный эффект незначительного снижения скорости развития в дерново-подзолистой почве семян, прошедших послеуборочное дозаривание, по-видимому, связан с образованием в семенах веществ, которые по каким-то причинам усиливают действие на семена аллелотоксинов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева, М. Г. Покой семян и факторы его контролирующие. В кн. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян. Пер. с англ. Н. А. Аскоческой, Н. А. Гумилевской, Е. П. Заверткиной и др. Под ред. М. Г. Николаевой и Обручевой. М.: Колос. 1982. – С. 72–98.
2. Гродзинский, А. М., Богдан Г. П., Головкин Э. А., Дзюбенко Н. Н., Мороз П. А., Прутенская Н. И. Аллелопатическое почвоутомление. Киев: Наук. думка, 1979. – 248 с.
3. Федотов, Г. Н., Шалаев В. С., Батырев Ю. П. Проблемы разработки стимуляторов развития семян / Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию высшего лесного образования в г. Воронеж и ЦЧР России «Экологические и биологические основы повышения продуктивности и устойчивости природных и искусственно возобновляемых лесных экосистем». 4–6 октября 2018. –оронеж. 2018. – Т. 1. – С. 615–623.

УДК 631.45

ТОКСИКОЗ ПОЧВ И СТИМУЛЯЦИЯ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Г. Н. ФЕДОТОВ, д-р биол. наук,
МГУ им. М. В. Ломоносова,
г. Москва, Россия
В. С. ШАЛАЕВ, д-р техн. наук, профессор,
Ю. П. БАТЫРЕВ, канд. техн. наук, доцент,
МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана,
г. Мытищи, Россия

Стимулирующее влияние гуминовых веществ (ГВ) на рост и развитие растений доказано многочисленными опытами и не вызывает сомнений [1–3]. При этом в литературе отмечается положительное влияние ГВ на прорастание семян (при их предпосевной обработке или внесении ГВ в бедные почвы), укоренение черенков, корнеобразование и развитие растений в целом (повышение урожайности и качества продукции). Установлено, что во многих случаях использование ГВ снижает отрицательные воздействия неблагоприятных факторов среды [4]. Показано, что ГВ оказывают положительное влияние на развитие животных и птиц при использовании их в качестве кормовой добавки [2]. При этом повышается мясная продуктивность молодняка крупного рогатого скота, свиней и птицы. Улучшается яйценоскость несушек и биологические качества инкубационных яиц. Известно применение препаратов ГВ и в медицине.

Выдвигают различные гипотезы о механизме биологической активности ГВ: влияние на проницаемость клеточных мембран и на увеличение доступности в почвах элементов питания за счет их комплексования ГВ и повышения подвижности, влияние на дыхательный метаболизм и фотосинтез, влияние на передачу растениям гормонов роста от микроорганизмов и т. д. [2]. Однако однозначное понимание механизма действия ГВ на настоящий момент отсутствует. При этом считают, что ГВ, не попав в клетки, вмешиваться в биохимические реакции не могут, поэтому для объяснения биологической активности ГВ исследователи предлагают различные механизмы их проникновения в клетки. Однако доказательства подобного проникновения ГВ в настоящее время тоже отсутствуют.

Необходимо отметить, что при изучении биологической активности ГВ, проявляющейся в стимуляции роста растений, в большинстве случаев не пытаются понять: что такое стимуляция? Казалось бы, ответ однозначен, но на самом деле стимуляция может быть двух видов. Первый из них связан с ускорением ростовых процессов от базового достаточно высокого уровня. Второй – с ускорением ростовых процессов от более низкого уровня, переход на который с исходного высокого уровня произошел из-за негативного действия на развитие растений ингибиторов. Для реализации последнего механизма стимуляции необходимо, чтобы в системе «растение – окружающая среда» присутствовали ингибиторы.

Однако наличие ингибиторов в почвах и негативное влияние почв на развитие растений известны достаточно давно [5–7]. Обусловлено оно накоплением в почве аллелотоксинов из-за ее высокой сорбционной способности.

Существуют различные пути поступления в почву аллелотоксинов. Токсичные вещества вырабатываются микроорганизмами, разлагающими растительные остатки, и выделяются из самих

растительных остатков при их разложении в почвах [5–7]. Они выделяются фитопатогенами, к их появлению в почвах приводят воздействия, меняющие ее микробиологический состав почв [5]. Отмечается заметное усиление токсикоза почв при избыточном использовании минеральных удобрений. Растения используют химические вещества для борьбы со стрессовыми воздействиями и конкурентами. В процессе эволюции растения создали универсальные вещества, которые помогают им бороться одновременно со многими видами негативных воздействий. В результате проявления любых негативных факторов в процессе вегетации приводят к усилению выработки растениями аллелотоксинов, выделению их и повышению токсикоза почв.

Природа естественных фитотоксинов весьма разнообразна. Среди них были обнаружены: простые водорастворимые органические кислоты, спирты с неразветвленной цепью, алифатические альдегиды и кетоны, простые ненасыщенные лактоны, жирные кислоты с длинной цепью, нафтохиноны, антрахиноны и сложные хиноны, терпеноиды и стероиды, простые фенолы, бензойная кислота и их производные, коричная кислота и ее производные, кумарины, флавоноиды, танины, аминокислоты и полипептиды, алколоиды и циангидрины, сульфиды и гликозиды горчичного масла, пурины и нуклеозиды – 14 групп химических соединений [7].

Из изложенного выше следует, что наблюдаемая стимуляция под воздействием ГВ может быть лишь устранением (вероятнее всего, частичным) проявления токсикоза почв. Тем более что экспериментально отличить стимуляцию за счет снижения ингибирования от «истинной» стимуляции достаточно сложно, так как они проявляются одинаково.

Целью работы являлась разработка метода, позволяющего определять степень ингибирования прорастания семян зерновых культур почвами и соответственно уровень, на котором находятся процессы, протекающие в семенах при их прорастании в почвах.

Выбор процесса прорастания и развития семян был связан с тем, что в течение достаточно продолжительного времени семена прорастают и развиваются за счет накопленных в зерновках питательных веществ, и роль почв в поставке питательных веществ в развивающиеся растения минимизирована. В результате в качестве субстрата, в котором ингибирование должно отсутствовать, можно использовать промытый речной песок.

Основная сложность при разработке метода оценки ингибирования прорастания семян почвами состоит в том, влажность субстратов (почв и песка) оказывает очень сильное влияние на протекающие в семенах процессы. Мы решили проводить сравнение прорастания семян в разных субстратах при влажностях субстратов, при которых процессы развития семян в каждом из них протекают с максимальной скоростью, считая, что водно-воздушные условия для прорастания в каждом из них оптимальны.

Для поиска оптимумов прорастания по влажности проводили определение количества выделяющейся при прорастании семян при комнатной температуре за 2 суток углекислоты в зависимости от исходной влажности субстрата. Для каждого субстрата характерно наличие кривой «количество углекислоты – исходная влажность» с одним максимумом, характеризующим оптимум водно-воздушных условий при прорастании.

На следующем этапе работы определяли и сравнивали суммарные длины проростков массивов семян, развивающихся за 2 суток при комнатной температуре при оптимальной исходной влажности субстратов. В одном опыте использовали 1000–1200 семян, применяя метод определения суммарной длины проростков, основанный на линейной зависимости насыпного объема проросших семян зерновых культур в воде от длины проростков.

В результате проведения исследования с образцами дерново-подзолистой, серой лесной, каштановой почв и чернозема удалось установить, что все они ингибируют прорастание семян и развитие проростков по сравнению с песком. Причем величина ингибирования нередко достигает 50–80 %.

Полученные результаты делают корректным предположение, что механизм стимуляции ГВ состоит в снижении поступления аллелотоксинов из почв в прорастающие семена. Достаточно принять эту концепцию и многие противоречия при изучении природы биологической активности ГВ снимаются. Например, исчезает необходимость поиска механизмов действия ГВ путем вмешательства в биохимические реакции. Они просто уменьшают их замедление, снижая поступление токсинов в семена из почв. В результате становится понятной возможная роль ГВ при обработке семян их растворами. ГВ либо замедляют поступление аллелотоксинов в семена, сорбируя их, либо активируют микроорганизмы, располагающиеся на пути поступления аллелотоксинов из почв в семена, которые способны разрушать аллелотоксины.

При таком подходе исчезает необходимость искать пути проникновения ГВ в растительные клетки. Они прекрасно могут выполнять свою детоксицирующую функцию, находясь снаружи клеток.

Становится понятной проявление биологической активности ГВ при фоллиарной обработке. Связано это, по-видимому, с тем, что часть аллелотоксинов попадает через корни в ветви и листья растений и может замедлять фотосинтез и рост. По-видимому, ГВ либо удаляют токсины из листьев за счет сорбции, либо активируют микроорганизмы филосферы, способные разрушать токсины.

Логично объясняется при подобном подходе и защитная способность ГВ при действии на растения стрессов. Обусловлена она выделением растениями при стрессе аллелотоксинов, которые замедляют биохимические реакции растений, защищая их от гибели. В условиях наличия стресса ГВ снижают концентрацию аллелотоксинов в растениях, ускоряя их вегетацию.

Таким образом, подход к проблеме стимуляции развития растений ГВ с точки зрения активации развития за счет снижения негативного влияния на растения аллелотоксинов из почв позволяет рассмотреть воздействие ГВ на растения под другим углом и наметить принципиально иные пути поиска способов активации ГВ.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 37.8809.2017/8.9

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова, И. В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов их метаболизма // Органическое вещество целинных и освоенных почв. – М.: Наука, 1972. – С. 30–69.
2. Безуглова, О. С. Гуминовые вещества в биосфере: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону, 2009. – 120 с.
3. Горовая, А. И., Орлов Д. С., Щербенко О. В. Гуминовые вещества: строение, функции, механизм действия, протекторные свойства, экологическая роль. – Киев: Наукова думка, 1995. 303 с.
4. Куликова, Н. А. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к растениям в водной и почвенных средах в условиях абиотических стрессов. Дисс. на соискание ученой степени доктора биол. наук. – М., 2008. – 303 с.
5. Гродзинский, А. М., Богдан Г. П., Головкин Э. А., Дзюбенко Н. Н., Мороз П. А., Прутенская Н. И. Аллелопатическое почвоугнетение. – Киев: Наукова думка, 1979. – 248 с.
6. Красильников, Н. А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд. АН СССР. 1958. 464 с.
7. Allelopathy. A Physiological Process with Ecological Implications. Edited by M.J. Reigosa, N. Pedrol and L. Gonzalez. Published by Springer. Printed in the Netherlands. 2006. 637 p.

УДК631.415

ВЛИЯНИЕ СОРБЕНТА ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПОЧВ

М. Ю. ФОМИНА студентка 1 курса магистратуры,
Н. П. НЕВЕДРОВ канд. биол. наук, старший преподаватель,
А. А. ОКУНЕВА студентка 1 курса магистратуры,
ФГБОУ ВО «Курский государственный университет»,
г. Курск, Российская Федерация

Массовые выбросы тяжёлых металлов (ТМ) в окружающую среду связаны с активной деятельностью человека. Основными источниками выступают предприятия тяжёлой промышленности: чёрная и цветная металлургия, горно-обогатительные комплексы, электротехническое производство. Транспорт является источником более половины всех выбросов ТМ в атмосферу. В крупных городах, с активно развивающейся многопрофильной промышленностью, в среде присутствуют ассоциации тяжёлых металлов оказывающие комбинированное влияние на различные компоненты экосистем и организм человека [1, 2]. В результате миграции смежные с территорией предприятия экосистемы подвергаются воздействию ураганных доз ТМ.

Для минимизации негативного воздействия и повышения эффективности и качества выполнения почвой своих экологических функций используют различные технологии *insitu* [3]. Применение сорбентов – один из наиболее эффективных способов дезинтоксикации почв. Использование природных органических и минеральных сорбентов способствует снижению подвижных форм ТМ в почве. Тяжелые металлы при взаимодействии с сорбционными материалами образуют слаборастворимые комплексы, что резко снижает их токсический эффект, за счет уменьшения миграции и транслокации ТМ в другие компоненты окружающей среды [4]. Входящие в состав сорбентов вещества оказывают влияние на отдельные свойства почв, такие как pH среды и её электропроводность.

Цель работы – изучение особенностей кислотно-щелочного режима и электропроводности почв при внесении сорбента тяжелых металлов на основе извести и сапропеля в модельно-загрязненные почвы.

Проводилось определение влияния различных доз сорбента на основе сапропеля и извести на некоторые свойства почв (рН, электропроводность).

Исследование проводилось на территории Агробиостанции Курского государственного университета д. Шуклинка. В полевых условиях осуществлялось искусственное загрязнение агросерой почвы Pb путём внесения в нее нитрата свинца в растворенной форме. В 5-литровые пластиковые емкости с перфорациями на дне для обеспечения процессов движения растворов вниз по почвенному профилю помещалось 8 кг пахотного горизонта агросерой почвы (глубина отбора почвы 0–30 см). Сорбент вносился в контейнеры с почвой в количестве 35 г и 70 г и тщательно перемешивался в массе почвы (табл.). В качестве контроля использовали контейнер с почвой без внесения сорбента. Подготовленные контейнеры погружались в почву таким образом, чтобы края контейнера возвышались на 2 см относительно поверхности почвы опытного участка. Путем полива производилось модельное загрязнение почв всех контейнеров, включая контрольный вариант, $Pb(NO_3)_2$, который вносился в концентрации равной 3ПДК, что соответствует 246, 6 мг/кг (табл.). Количественное соотношение компонентных составляющих сорбента составляло одна единица массы сапропеля к одной единице массы извести (1:1).

Схема опыта

Контроль + 3 ПДК Pb	35 г сорбента + 3 ПДК Pb	70 г сорбента + 3 ПДК Pb

Опыт проводился в пятикратной повторности. Исследование проводилось в летне–осенний период (30 мая – 30 сентября). Измерение электропроводности почвенного раствора проводилось с применением портативного кондуктометра фирмы HannaInstruments. Определение актуальной кислотности почв осуществлялось ионометрическим методом [5].

Анализ и измерение показателей $pH_{(H_2O)}$ и электропроводность почвенного раствора водной вытяжкой в вариантах опыта с внесённым препаратом осуществлялось через 4 месяца после начала опыта. Согласно полученным результатам, произошло достоверное повышение $pH_{(H_2O)}$ до 7,3 относительно контроля в вариантах опыта с присутствием сорбента, что составляет 4 % (рис. 1). Такой результат объясняется наличием в составе препарата извести, которая нейтрализует почвенные кислоты и способствует подщелачиванию среды. Между образцами в вариантах с сорбентом в количестве 35 г и 70 г значительных отличий показатель рН почвенного раствора не обнаружено.

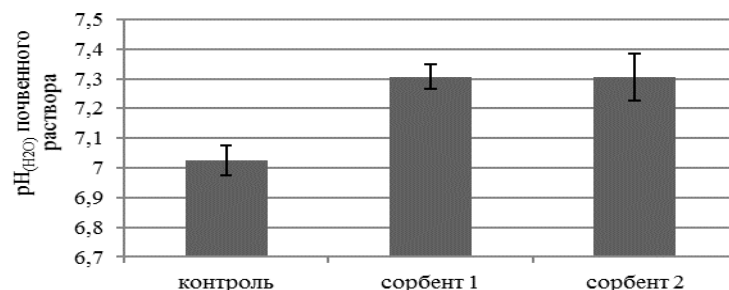


Рис 1. Зависимость динамики $pH_{(H_2O)}$ почвенного раствора от дозы внесенного сорбента

Полученные результаты электропроводности почв показывают увеличение показателя в образцах с наличием сорбента. При дозе сорбента 35 г электропроводность увеличилась на 0,03 единицы относительно контроля, при дозе 70 г на 0,04 единицы (рис. 2). Данные результаты обуславливаются увеличением в почве минеральных элементов за счёт внесения сапропеля и извести, входящих в состав используемого сорбента.

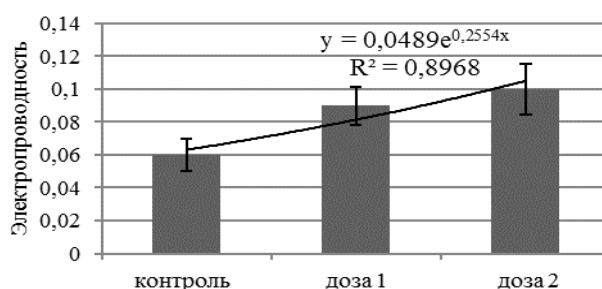


Рис 2. Зависимость динамики электропроводности почвенного раствора от дозы внесенного сорбента

По результатам проведенного исследования можно заключить, что под действием сорбента происходит изменение показателей электропроводности и pH почвы. Актуальная кислотность почв возрастает в присутствии сорбента, но при повышении дозы внесения не оказывает значимых изменений на изучаемый показатель. Увеличение показателя электропроводности, напротив, находится в прямой зависимости от вносимой дозы сорбента, с увеличением дозы препарата возрастает и электропроводность.

Работа выполнена при поддержке гранта Фонда содействия инновациям договор № 11401ГУ/2017.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митрохин, О. В. Оценка транслокального загрязнения как составная часть социально-гигиенического мониторинга / О. В. Митрохин // Здоровье населения и среда обитания. – 2001. – №9. – С. 11–14.
2. Ревич, Б. А. Проблемы прогнозирования, «горячие точки» химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России: под ред. В. М. Захарова. – М., 2007.
3. Ступин, Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2009. – 432 с.
4. Неведров, Н. П. Фомина М. Ю. Изучение иммобилизующей способности сорбента тяжелых металлов в модельно-загрязненной серой почве // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2018. – № 3 (19).
5. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.

УДК 631.445.4:631.461.3-032.5

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ АЗОТПРЕОБРАЗУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВНЕСЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

В. С. ЦХОВРЕБОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
В. И. ФАИЗОВА, д-р с.-х. наук, доцент,
Д. В. КАЛУГИН, канд. с.-х. наук, доцент,
А. М. НИКИФОРОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь, Российская Федерация

В процессе сельскохозяйственного использования значительные изменения претерпевает почвенная микрофлора [1–2]. Ассоциацию микробов необходимо рассматривать как подвижную составляющую часть почвы, доставляющую растениям микроэлементы в доступной для них форме [3–4]. Наиболее активной частью почвенной микрофлоры являются микроорганизмы, трансформирующие органические и минеральные соединения азота [5–6].

В целях повышения плодородия чернозёма выщелоченного вносили такие горные породы как апатит, известняк ракушечник и фосфогипс как отход при производстве минеральных фосфорных удобрений. Опыт заложен в 2006 году. Почвенные образцы для анализа отбирали из зоны ризосферы кукурузы в фазу цветения.

В результате исследований установлено, что численность аммонификаторов на контроле составляла 36,8 млн КОЕ/г (рис. 1).

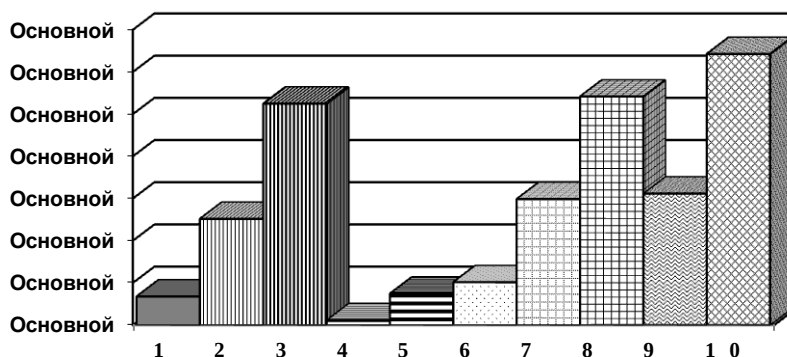


Рис. 1. Количество аммонификаторов в фазу цветения кукурузы в зависимости от последствия горных пород (млн.КОЕ/1 г.)

1-контроль
2-известняк-ракушечник-6 т/га
3-известняк-ракушечник-12 т/га
4-apatit-1,5 т/га
5-apatit-3,0 т/га
6-фосфогипс-12 т/га
7-известняк-ракушечник-6 т/га+apatit-1,5 т/га
8-известняк-ракушечник-12 т/га+apatit-3,0 т/га
9-известняк-ракушечник-6 т/га+apatit-1,5 т/га+фосфогипс-12 т/га.
10-известняк-ракушечник-12 т/га+apatit-3,0 т/га+фосфогипс-12 т/га.

Применение известняка-ракушечника в дозах 6 и 12 т/га увеличило численность изучаемой группы микроорганизмов по сравнению с контролем в 1,5 и 2,2 раза соответственно. Внесение апатита и фосфогипса существенно не повлияло на количество аммонификаторов. Совместное внесение горных пород оказало определённое существенное влияние на численность этой группы микроорганизмов, при этом увеличение составило от 1,6 до 2,6 раз. Наибольшая разница отмечена по совместному внесению горных пород в максимальных дозах.

Увеличение количества аммонификаторов обусловлено лучшими условиями для развития растений и ризосферной микрофлоры на вариантах реминерализации по сравнению с контролем.

В аэробных условиях аммоний, образующийся в почве, подвергается нитрификации. Этот процесс идет в две стадии в начале до нитрита, а потом до нитрат-иона [7].

При исследовании численности микроорганизмов, преобразующих минеральные формы азота выявленная закономерность свойственная для аммонификаторов (рис. 2).

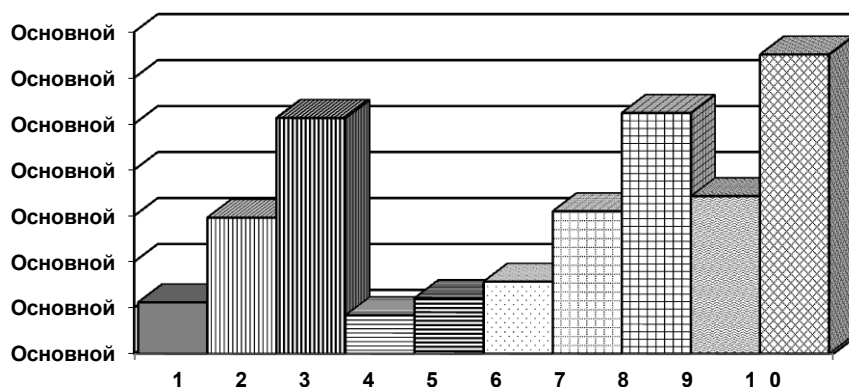


Рис. 2. Количество микроорганизмов преобразующих минеральные формы азота в фазу цветения кукурузы в зависимости от последствия горных пород (млн. КОЕ/1г.). Условные обозначения как в рис. 1

Между почвенными микроорганизмами, участвующими в процессах аммонификации и нитрификации, существует тесная метабиотическая взаимосвязь. В результате этой взаимосвязи прижизненные выделения аммонификаторов служат пищей для микроорганизмов, преобразующих минеральные формы азота (рис. 2). По этой причине изменения в численности нитрификаторов аналогичны изменению численности микроорганизмов, преобразующих органические формы азота.

В настоящее время известно, что многие свободноживущие бактерии могут фиксировать азот атмосферы. В условиях Центрального Предкавказья в почве наиболее распространен *Azotobacter chroococcum*.

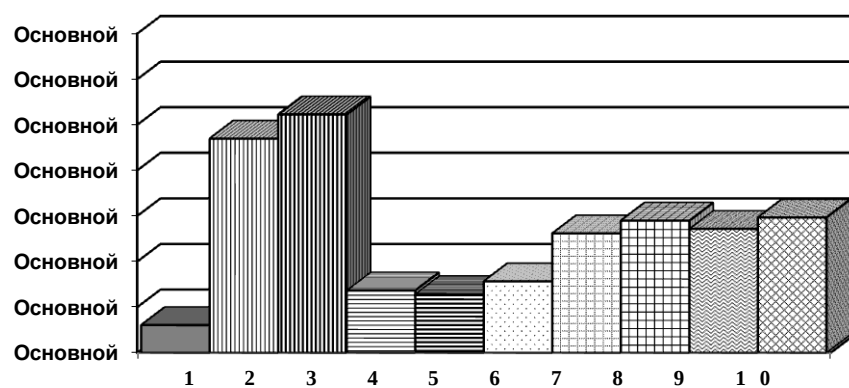


Рис. 3. Количество аэробных азотфиксаторов в фазу цветения кукурузы в зависимости от последствия горных пород (тыс. КОЕ/1г.). Условные обозначения как в рисунке 1

Как показали исследования, численность аэробных азотфиксаторов на контроле составляла 26,1 тыс.КОЕ/г (рис. 3). При внесении известняка-ракушечника в дозах 6 и 12 т/га популяция этих микроорганизмов по сравнению с контролем увеличилась в 2,6 и 2,8 раза соответственно. Внесение апатита в дозах 1,5 и 3 т/га и фосфогипса обеспечило незначительное увеличение количества данной группы микроорганизмов в 1,3–1,4 раза. При совместном внесении горных пород численность микроорганизмов рода *Azotobacter* увеличилась в 1,8–1,9 раз, особенно на варианте с внесением известняка-ракушечника – 12 т/га, апатита – 3,0 т/га и фосфогипса – 12 т/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казеев, К. Ш., Колесников С. И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. – 260 с.
2. Слюсарев, В. Н. Сравнительная характеристика физико-химических свойств чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в системе агроэкологического мониторинга // В. Н. Слюсарев, А. В. Осипов, Н. Б. Каркус // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 31. – С. 168–171.
3. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края // О. А. Подколзин, И. В. Соколова, А. В. Осипов, В. Н. Слюсарев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 68. – С. 117–124.
4. Содержание основных микроэлементов в почвах Краснодарского края // Подколзин О. А., Соколова И. В., Осипов А. В., Баракина Е. Е., Перов А. Ю. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. – № 69. – С. 171–176.
5. Царева, М. В., Персикова Т. Ф. Микробиологическая активность дерново-подзолистой почвы в зависимости от ее гранулометрического состава, возделываемых культур и органических удобрений / М. В. Царева, Т. Ф. Персикова // В сборнике: Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения материалы международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 206–208.
6. Шеуджен, А. Х., Кольцов С. А., Гуторова О. А., Лебедовский И. А., Онищенко Л. М., Осипов М. А., Есипенко С. В. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при длительном применении минеральных удобрений / А. Х. Шеуджен, С. А. Кольцов, О. А. Гуторова, И. А. Лебедовский, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов, С. В. Есипенко // Наука Кубани. – 2017. – № 1. – С. 35–39.
7. Спиридонова, К. М., Персикова Т. Ф. Динамика изменения содержания кальция, магния и микроэлементов (В, Zn, Cu) в пахотных почвах Мстиславского района между 12 и 13 турами агрохимического обследования / К. М. Спиридонова, Т. Ф. Персикова // В сборнике: Химия и жизнь Сборник XVII Международной научно-практической студенческой конференции. – 2018. – С. 153–160.

УДК 631.452(470.630)

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

В. С. ЦХОВРЕБОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
А. Б. УМАРОВ, соискатель,
А. Н. ДЖАНДАРОВ, техник,
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь, Российская Федерация

Наиболее острыми экологическими проблемами для почв края считаются слитизация, подтопление, оглеение, дегумификация, снижение содержания элементов питания, развитие водной и ветровой эрозии [1].

Слитизация проявляется повсеместно, на всех типах почв края и выражается появлением широких и глубоких вертикальных трещин, уплотненностью и бесструктурностью верхних горизонтов [2–3]. Развитие слитизации наблюдается только на пашне. На целинных почвах этот процесс отсутствует.

В основе слитизации лежит разрушение минеральной основы почв. В основе разрушения минералов лежит их кислотный гидролиз, который осуществляют растения с целью корневого питания [4–5]. В этом им еще помогают почвенные ризосферные микроорганизмы.

В конечном итоге, среди глинистых минералов происходит перестройка в системе смектиты-гидрослюды с накоплением гидрофильных легко набухающих монтмориллонитов (табл. 1).

Таблица 1. Содержание глинистых минералов в чернозёме обыкновенном

Генетический горизонт	Глубина, см	Состав глинистых минералов, %		
		монтмориллонит	гидрослюды	коал+хлорит
Разрез 1 целина				
Апах	0–7	–	69	31
A ₁	7–49	9	60	31
AB	49–77	8	55	36
B	77–100	8	54	38
BC	142–167	21	54	24
C	167–...	26	45	29
Разрез 2 неорошаемый участок (пашня)				
Апах	0–25	22	45	33
A ₁	25–42	14	58	28
AB	42–63	7	62	30
B	63–94	9	59	32
B	94–140	16	52	31
BC	140–176	25	45	30

При интенсивном разрушении алюмосиликатов освобождается большое количество кремниевой кислоты, которая впоследствии полимеризуется и выступает как цементирующий материал [6–9]. Эти две причины в основном вызывают слитость почвы, уплотненность, потерю структуры.

Величины плотности и пористости чернозёмов пашни (табл. 2) в сухой летний период становятся неудовлетворительными (более 1,35 г/см³ и менее 50 % соответственно) и значительно уступают аналогичным показателям целины.

Коэффициент структурности на целинных участках колеблется в пределах от 2 до 10 единиц и снижается на пашне в летний период до значений меньше единицы. Это создаёт определённые трудности в качестве обработки почвы и подготовке её к посеву сельскохозяйственных культур. Возникают проблемы с применением минимальной и нулевой технологий.

Таблица 2. Физические свойства черноземов

Название почвы	Вид угодий	Периоды исследований	Плотность г/см ³	Пористость общ., %
Чернозем южный	Целина	Весна	1,19	53,3
		Лето	1,27	52,3
	Пашня	Весна	1,17	56,4
		Лето	1,38	48,5
Чернозем обыкновенный	Целина	Весна	1,22	54,2
		Лето	1,25	53,1
	Пашня	Весна	1,15	57,1
		Лето	1,42	47,0
Чернозем выщелоченный	Целина	Весна	1,28	52,4
		Лето	1,30	52,7
	Пашня	Весна	1,12	58,5
		Лето	1,45	46,3

В настоящее время довольно сложно складывается ситуация с обеспеченностью сельскохозяйственных угодий Ставропольского края гумусом (табл. 3). По последним данным 87,8 % территории имеет низкое содержание органического вещества. Больше всего таких площадей на пашне и особенно орошаемой. Гораздо лучше складывается ситуация на многолетних насаждениях и сенокосах. Здесь около трети от всей площади имеют среднюю обеспеченность по этому показателю. Следовательно, антропогенные угодья наиболее подвержены дегумификации.

Еще одной проблемой современного земледелия является **подтопление**. Развитие этого процесса на территории Центрального Предкавказья носит сугубо антропогенный характер.

За последние 45–50 лет территория Центрального Предкавказья, да и всего Северного Кавказа, оказалась ареной орошения и обводнения огромных территорий. Массовое строительство современных ирригационных систем резко увеличило густоту гидрографической сети, которая в условиях края составила 0,13 км/км², а за счет орошения возросла до 0,42 км/км². Почти все районы края прорезаны магистральными и распределительными каналами. В западной части с юга на север проложен Невинномысский канал; в северной – с запада на восток – Правоегорлыкский канал с его левой ветвью; в центральной зоне – Большой Ставропольский канал; в восточной – Терско-Кумский и Кумо-Манычский каналы. По данным В. Е. Приходько (1996), КПД оросительных систем степной зоны составляет 0,5–0,6.

Таблица 3. Распределение площади сельскохозяйственных угодий Ставропольского края по содержанию органического вещества

Сельскохозяйственные угодья	Обследованная площадь тыс. га.	Низкое <4,0		Среднее 4,0–8,0		Высокое >8,0		Средн. содержание, %
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
Всего с.-х. угодий	3963,4	3478,9	87,8	481,3	12,1	3,2	0,1	2,7
Из них пашня	3312,1	2964,9	89,5	345,1	10,4	2,1	0,1	2,7
в т.ч. орошаемая	300,0	296,2	98,7	3,8	1,3	–	–	2,4
многолетние насаждения	15,7	10,8	68,7	4,9	31,2	–	–	3,6
сенокосы	23,0	15,0	65,2	8,0	34,8	–	–	3,4
пастбища	612,6	488,2	79,7	123,3	20,1	1,1	0,2	2,7

Другим фактором, обеспечивающим подъем грунтовых вод, является то, что в течение последних 50 лет на территории Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского краев было построено более 80 крупных оросительных систем и ряд огромных водохранилищ. К их числу относятся

Цимлянское, Краснодарское, Пролетарское, Веселовское, Сенгилеевское, Новотроицкое, Чограйское и др. К настоящему времени длина магистральных, распределительных и оросительных каналов в регионе составляет более 70 тыс. км.

Кроме водохранилищ, на степных реках созданы тысячи прудов и водоемов суточного накопления воды. Общее число прудов, их суммарный объем воды и площадь водного зеркала составила соответственно: в Ростовской области – 2400 прудов, 0,38 млрд м³ и 135 км²; в Краснодарском крае – 1500 прудов, 0,71 млрд м³ и 530 км²; в Ставропольском крае – 645 прудов, 0,14 млрд м³ и 62 км². Общая площадь, занятая прудами, составила 72,7 тыс. га, а суммарный объем воды – 1,17 млрд м³. Пруды и водохранилища, как и большинство каналов, сделаны в земляном ложе и через них круглосуточно осуществляется инфильтрация воды в фунтовый поток.

Существенную роль в подъеме грунтовых вод играет и переброска почти трети стока рек Дона и Кубани, естественных артерий Азовского морского бассейна, в засушливые Донецко-Донскую, Сало-Манычскую и Терско-Кумскую низменности и в Каспийский бассейн. Из бассейна Азовского моря изъято и переброшено в бассейн Каспия более 150 млрд м³ воды. Это почти половина общего объема воды Азовского моря, который равен 320 км³.

До начала обводнения и орошения земель в крае грунтовые воды в равнинной части в балках и поймах рек залегали на глубинах от 7 до 15 м, а на водораздельных пространствах – до 50–70 м. В настоящее время грунтовые воды практически полностью заполнили зону аэрации и местами достигали отметки выше 3 м от поверхности почвы. Более 2 млн га. в крае считаются подтопленными. Из переувлажненных земель около 50 тыс. га заболочено.

В условиях подтопления почв и увеличения их влажности выше предельной полевой влагоемкости развиваются процессы **глееобразования**.

В последнее время активно развиваются процессы **эрозии**. По данным Е. И. Рябова (1996), потери почвы в границах Ставропольского края от пыльных бурь составляют 60–265 млн. тонн. Местами наблюдается выдувание всего пахотного горизонта. Система земледелия и землеустройства хозяйств ведется зачастую без учета почвенных и геоморфологических условий. Распаханы целинные земли на сложных участках рельефа с крутизной склонов до 6° и более.

Особенно активно процессы водной эрозии протекают на участках сложного рельефа с уклоном более 2-х градусов. Более 1 млн га, или 27 % от общей площади расположены на уклонах от 2 до 5 градусов. В целом 162558 га или 4,5 % находятся на особо опасных участках с крутизной склона от 5-ти до 10 %.

В настоящее время площадь эродированных земель составляет 1671 тыс. га или 31,7 % от площади сельскохозяйственных угодий. Из них подверженные водной эрозии 914 тыс. га, или 16,2 % от площади сельхозугодий, дефлированных почв 13,3 %, что составляет 754 тыс. га. Совместное проявление процессов водной и ветровой эрозии выявлено на площади 123 тыс. га, то есть на 2,2 % площади сельхозугодий.

На пашне происходит значительное **снижение содержания доступных форм элементов питания**. Только в содержании подвижного фосфора в последнее время наблюдается увеличение за счет внесения удобрений. По обменному калию наши почвы можно считать в основном обеспеченными. Средняя величина по краю составляет 371 мг/кг. Такая обеспеченность считается повышенной.

Вызывает беспокойство содержание подвижной серы. По этому элементу питания почвы можно считать как низкообеспеченные (менее 6 мг/кг). Имеются данные свидетельствующие о том, что ещё 20 лет назад содержание серы в чернозёмах было в 1,5–2 раза выше и они классифицировались как средне- и высокообеспеченные. Такое резкое изменение в этом показателе обусловлено постоянным выносом элемента питания из почвы и отчуждением вместе с урожаем. Вызванное обеднение способствует снижению качества получаемой продукции, т. к. сера обуславливает количество формируемого белка в растениях.

Ещё один фактор, который отвечает за качество получаемой продукции, – содержание микроэлементов. Только по содержанию подвижного бора наши почвы можно считать высокообеспеченными.

Содержание подвижного **марганца** в основном низкое. По **меди, цинку и кобальту** от 97 до 100 % площадей имеют низкую обеспеченность.

Микроэлементы играют важную роль в формировании количества и особенно качества урожая. Мы забыли, когда получали сильное и ценное зерно. Еще в в конце 70-х и начале 80-х годов большая часть продукция озимой пшеницы шла первого и второго класса. Содержание клейковины в зерне составляло более 30 % и нередко поднималось до 40 %. Третьего класса было мало. Сейчас получаем, в основном, четвёртый класс и фураж.

Внесением удобрений данную ситуацию не поправить. Нужны более радикальные меры, связанные с обновлением минеральной основы почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко, В. П. Деградационное изменение физического состояния почв Азово-Кубанской равнины / В. П. Власенко, А. В. Осипов, Е. Д. Федашук // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 118–123.
2. Слюсарев, В. Н. Сравнительная характеристика физико-химических свойств чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в системе агроэкологического мониторинга / В. Н. Слюсарев, А. В. Осипов, Н. Б. Каркус // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 31. – С. 168–171.
3. Современная классификация гидрометаморфизованных почв Северо-Западного Кавказа / Власенко В. П., Терпелец В. И., Осипов А. В. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 38. – С. 72–77.
4. Изменение свойств и солевого режима почв современной дельты реки Кубань при их сельскохозяйственном использовании (на примере азовской рисовой оросительной системы) Осипов А. В. диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кубанский государственный аграрный университет. – Краснодар, 2009.
5. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О. А. Подколзин [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 68. – С. 117–124.
6. Содержание основных микроэлементов в почвах Краснодарского края // Подколзин О. А. [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 171–176.
7. Титова, В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Агроэкосистемы: проблемы функционирования и сохранения устойчивости. – Н. Новгород: НГСХА, 2002.
8. Шеуджен, А. Х. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при длительном применении минеральных удобрений / А. Х. Шеуджен, С. А. Кольцов, О. А. Гуторова, И. А. Лебедовский, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов, С. В. Есипенко // Наука Кубани. – 2017. – № 1. – С. 35–39.
9. Швец Т. В. Влияние различных технологий возделывания озимой пшеницы на содержание общего и легкоокисляемого гумуса в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Т. В. Швец, Н. С. Баракин // Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика / Мат. научно-практ. конф., приуроч. к 80-летию В. М. Пенчукова. – 2013. – С. 253–257.

УДК 631.445.4:631.416.316

ВЛИЯНИЕ РЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА

В. С. ЦХОВРЕБОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
В. В. КУКУШКИНА, аспирант,
Д. В. КАЛУГИН, канд. с.-х. наук, доцент,
В. Я. ЛЫСЕНКО, канд. с.-х. наук, доцент,
А. Б. УМАРОВ, соискатель,

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
г. Ставрополь, Российская Федерация

В чернозёмах выщелоченных карбонаты вымыты за пределы почвенного профиля. Вместе с ними удалены и многие элементы питания, высвобожденные из минералов при их выветривании [1–2]. Как следствие этому чернозёмы выщелоченные характеризуются низкой обеспеченностью многими макро- и микроэлементами питания [3–4].

Содержание подвижного фосфора в почве во многом определяется запасами его валовых форм [5–6]. При внесении фосфорсодержащих пород корректируется величина общих валовых запасов этого элемента питания. В слабокислой среде ризосферной зоны, которую обеспечивают почвенная микрофлора и корни растений, он высвобождается из недоступных форм и переходит в доступные, подвижные формы [7–9].

В целях повышения плодородия почвы вносились такие горные породы как апатит, известняк ракушечник и фосфогипс как отход при производстве минеральных фосфорных удобрений. Производили как отдельное так и совместное внесение данных пород. Опыт заложен в 2006 году. Исследования проведены в 2015 году под пшеницей, в 2016 году под подсолнечником и в 2017 году под кукурузой.

Почвенные образцы для анализа отбирали из зоны ризосферы сельскохозяйственных культур в основные фазы роста и развития. Это наиболее активная биогенная зона.

В процессе лабораторных исследований выявлено, что по фазам вегетации озимой пшеницы различий в изучаемом показателе не обнаружено. Для удобства восприятия информации были рассчитаны средние величины по вариантам опыта. Отмечено, что наименьшим содержанием подвижного фосфора под озимой пшеницей было на контроле и составляло 18,6 мг/кг (рис. 1).

Внесение известняка-ракушечника в различных дозах увеличило количество P_2O_5 на 3,5 – 3,8 мг/кг. При внесении апатита 1,5 и 3,0 т/га такое увеличение было на уровне 4,3 и 5,2 мг/кг соответственно. При совместном внесении горных пород увеличение в содержании подвижного фосфора было выше, чем на других вариантах. Наибольшие показатели были отмечены при применении известняка-ракушечника – 12 т/га+апатита- 3,0 т/га+ фосфогипса – 12 т/га.

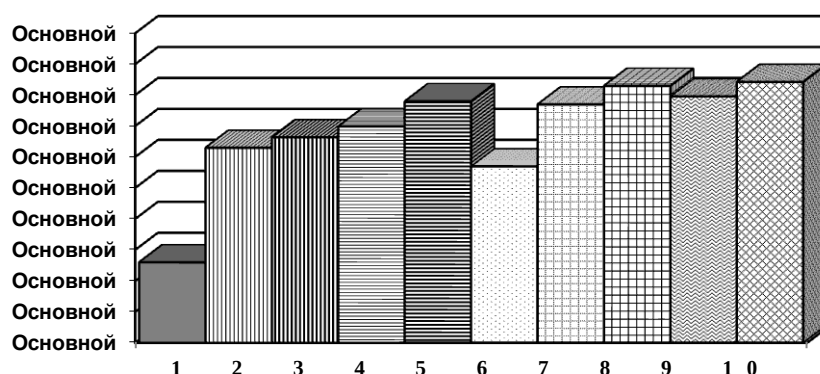


Рис. 1. Среднее содержание (мг/кг) подвижного фосфора за вегетационный период под озимой пшеницей в результате последствий горных пород, 2015 г.

1-контроль	7-известняк-ракушечник-6 т/га+апатит-1,5 т/га
2-известняк-ракушечник-6 т/га	8-известняк-ракушечник-12 т/га+апатит-3,0 т/га.
3-известняк-ракушечник-12 т/га	9-известняк-ракушечник-6 т/га+апатит-1,5 т/га+ фосфогипс-12 т/га.
4-апатит-1,5 т/га	10-известняк-ракушечник-12 т/га+апатит-3,0 т/га+ фосфогипс-12 т/га.
5-апатит-3,0 т/га	
6-фосфогипс-12 т/га	

Увеличение содержания P_2O_5 под подсолнечником до 21,6 и 22,3 мг/кг на вариантах с применением апатита связано с его высоким содержанием в породе (рис. 2). При совместном применении горных пород определяющим фактором является доза внесения апатита. По-прежнему, наиболее высоким содержание подвижного фосфора отмечено с применением известняка-ракушечника – 12 т/га, апатита – 3,0 т/га и фосфогипса – 12 т/га. На этом варианте исследуемая величина достигла 24,3 мг/кг, что на 4,7 мг/кг выше по сравнению с контролем. Значительным такое увеличение назвать нельзя. Тем не менее оно достоверно, о чем свидетельствуют результаты математической обработки. И всё же на 11 год последствий наблюдается снижение мелиоративного эффекта.

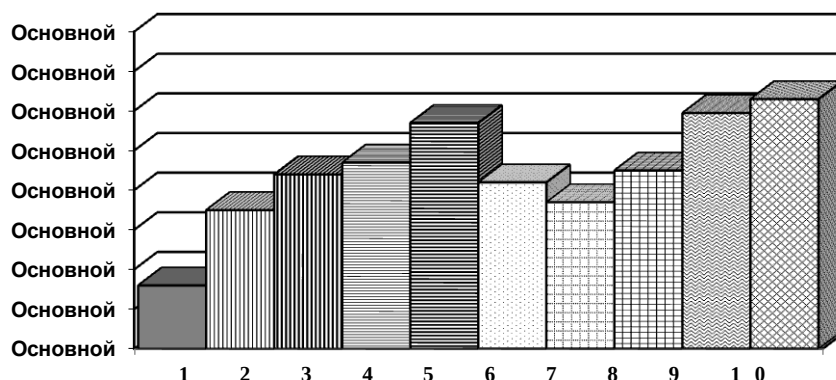


Рис. 2. Среднее содержание (мг/кг) подвижного фосфора за вегетационный период под подсолнечником в результате последствий горных пород, 2016 г. Условные обозначения как в рис. 1.

Как показали исследования, наименьшим содержанием подвижного фосфора под кукурузой было на контроле. Внесение известковой породы повлияло на данный показатель. В дозах 6 т/га и 12 т/га произошло возрастание в среднем на 3 и 4 мг/кг соответственно. Применением фосфорсодержащей породы в различных дозах увеличило содержание подвижного фосфора на 4,2 и 5,6 мг/кг. Внесение фосфогипса повысило исследуемую величину относительно контроля в среднем на 3,2 мг/кг (рис. 3).

Даже на 12-й год последействия гипс сохраняет своё влияние. Возможно, это происходит за счёт увеличения активности микрофлоры.

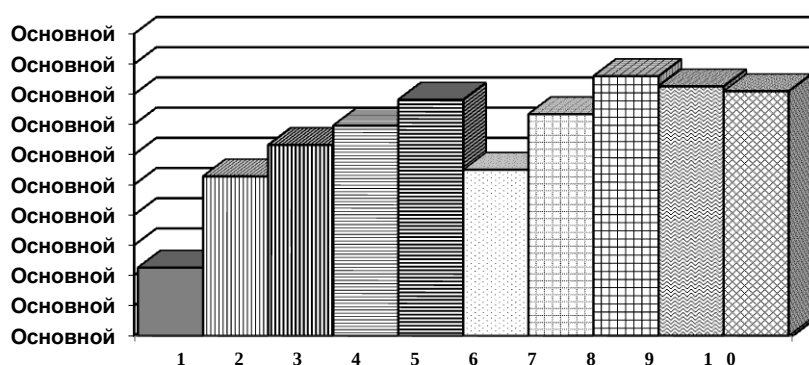


Рис. 3. Среднее содержание (мг/кг) подвижного фосфора за вегетационный период под кукурузой в результате последействия горных пород, 2017 г. Условные обозначения как в рис. 1.

Совместное внесение горных пород было более эффективно. На варианте с известняком и апатитом в различных дозах увеличение исследуемого показателя составило 5,1 и 6,3 мг/кг соответственно. Внесение известняка-ракушечника 6 т/га и фосфогипса увеличило данный показатель на 6,1 мг/кг. Настолько же эффективным было и совместное применение мелиорантов в более высоких дозах. Здесь наблюдалось повышение содержания подвижного фосфора на 5,7 мг/кг.

Таким образом, внесение горных пород увеличивает содержание подвижного фосфора в почве. Наибольшим такое увеличение можно считать на варианте совместного внесения максимальных доз известняка-ракушечника, апатита и фосфогипса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко, В. П. Деградационное изменение физического состояния почв Азово-Кубанской равнины / В. П. Власенко, А. В. Осипов, Е. Д. Федашук // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 118–123.
2. Изменение свойств и солевого режима почв современной дельты реки Кубань при их сельскохозяйственном использовании (на примере азовской рисовой оросительной системы) Осипов А. В. диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кубанский государственный аграрный университет. – Краснодар, 2009.
3. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О. А. Подколзин [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 68. – С. 117–124.
4. Слюсарев, В. Н. Сравнительная характеристика физико-химических свойств чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в системе агроэкологического мониторинга / В. Н. Слюсарев, А. В. Осипов, Н. Б. Каркус // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 31. – С. 168–171.
5. Современная классификация гидрометаморфизованных почв Северо-Западного Кавказа / Власенко В. П., Терпелец В. И., Осипов А. В. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 38. – С. 72–77.
6. Содержание основных микроэлементов в почвах Краснодарского края / Подколзин О. А., Соколова И. В., Осипов А. В., Баракина Е. Е., Перов А. Ю. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 171–176.
7. Спиридонова, К. М., Персикова Т. Ф. Динамика изменения содержания кальция, магния и микроэлементов (В, Zn, Cu) в пахотных почвах Мстиславского района между 12 и 13 турами агрохимического обследования / К. М. Спиридонова, Т. Ф. Персикова // В сборнике: Химия и жизнь Сборник XVII Международной научно-практической студенческой конференции. – 2018. – С. 153–160.
8. Титова, В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Агроэкосистемы: проблемы функционирования и сохранения устойчивости. – Новгород: НГСХА, 2002.
9. Швеиц Т. В. Влияние различных технологий возделывания озимой пшеницы на содержание общего и легкоокисляемого гумуса в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Т. В. Швеиц, Н. С. Баракин // Научно обоснованные системы земледелия: теория и практика / Мат. научно-практ. конф., приуроч. к 80-летию В. М. Пенчукова. – 2013. – С. 253–257.

ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОСТОЯНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

В. Б. ЦЫРИБКО, канд. с.-х. наук,
А. М. УСТИНОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
И. А. ЛОГАЧЁВ,
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

Применение новых форм удобрений, внедрение новых сортов сельскохозяйственных культур, применение интенсивных технологий их возделывания значительно повысили урожайность зерновых и пропашных культур. Однако многочисленные литературные данные и практика землепользования свидетельствуют о том, что урожай во многом лимитируется физическими свойствами почв. Особенно это касается почв, подверженных эрозионным процессам, где создаются неблагоприятные условия для произрастания растений, которые выражаются в повышении плотности, ухудшении пористости аэрации, формировании недостатка или избытка влаги. Но данные изменения по-разному проявляются на почвах, сформированных на различных почвообразующих породах. С целью исследований этих процессов и различий в лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии ведутся научные изыскания на двух опытных стационарах: «Межаны» Браславского района (моренные почвообразующие породы) и «Стоковые площадки» Минского района (лессовидные почвообразующие породы).

Изучались дерново-подзолистые суглинистые почвы, различной степени эрозионной деградации: незэродированные, слабо-, средне-, и сильноэродированные (таблица).

Агрофизические свойства пахотного горизонта дерново-подзолистых эродированных почв на лессовидных и моренных суглинках

Показатель	Степень эродированности			
	нет	слабая	средняя	сильная
На лессовидных суглинках:				
Плотность, г/см ³	1,15	1,30	1,35	1,48
Общая пористость, %	54,9	49,0	47,6	43,0
Пористость аэрации, %	34,0	30,5	28,5	25,8
Водоустойчивость, %	40,7	38,1	37,9	30,8
Коэффициент структурности	1,75	1,59	1,22	1,13
На моренных суглинках:				
Плотность, г/см ³	1,37	1,38	1,53	1,57
Общая пористость, %	48,1	47,9	42,6	41,8
Пористость аэрации, %	35,1	36,0	23,6	24,8
Водоустойчивость, %	55,0	51,2	49,3	53,6
Коэффициент структурности	1,58	1,51	1,27	0,91

Характеризуя почвенный профиль эродированных почв, стоит отметить, что подзолистый горизонт четко выражен только в незэродированных почвах. По мере увеличения степени эродированности почв гумусовый горизонт уменьшается вплоть до полного исчезновения в сильноэродированных почвах. В процессе вспашки пахотный горизонт формируется за счет иллювиальных горизонтов и даже почвообразующей породы. В конечном итоге это оказывает влияние на агрофизические свойства почв [1].

Приведенные в табл. 1 данные свидетельствуют, что плотность почв и зависящие от нее другие агрофизические свойства обусловлены генезисом почвообразующих пород и степенью проявления эрозионных процессов. С увеличением степени эродированности растет значение плотности сложения, уменьшается пористость, пористость аэрации, полная влагоемкость и коэффициент структурности, особенно на лессовидных суглинках, что обусловлено разрушением агрегатов и увеличением слитности почвы [2].

При сравнении фракций гранулометрического состава дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, следует отметить их значительные различия. Почвы, развивающиеся на лессовидных суглинках, содержат в пахотном горизонте 12–19 % фракций крупного, среднего и мелкого песка. В то же время содержание крупной пыли составляет 56–67 %, которая легко вымывается из почвы [3]. Тем самым подтверждается вывод о том, что дерново-подзолистые почвы на лессовидных суглинках более предрасположены к водно-эрозионным процессам [4].

Почвы на моренных суглинках содержат 2–3 % крупнозема, суммарное содержание фракций крупного, среднего и мелкого песка достигает 55–60 %. Фракции мелкого песка 38–42 % и крупной пыли составляет 17–21 %. Это соотношение фракций создает более благоприятные условия для поглощения осадков [4].

Таким образом, степень влияния эрозионных процессов на агрофизические свойства почв существенно изменяется в зависимости от генезиса почвообразующих пород, однако кроме природных факторов велико влияние антропогенного фактора, что отражено в многочисленных исследованиях [4,5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Черныш, А. Ф. Сравнительная оценка агрофизических, микроморфологических свойств и минералогического состава, отражающих степень устойчивости дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках к эрозионной деградации / А. Ф. Черныш, В. Т. Сергеев, В. Б. Цырибо // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1 (52). – С. 32–40.
2. Состояние агрофизических свойств почв эрозионных агроландшафтов Беларуси – важнейших индикатор их деградации / А. Ф. Черныш, А. М. Устинова, В. Б. Цырибо, И. И. Касьяненко // Современные проблемы эрозионных, русловых и устьевых процессов: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием и XXXI пленар. межвуз. координац. совещания, Архангельск, 25–30 сент. 2016 г. / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Межвуз. науч.-коорд. совет по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ, Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова; редкол.: Р. С. Чалов (гл. ред.) [и др.]. – Архангельск, 2016. – С. 181–182.
3. Почвы Белорусской ССР / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии ; под ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смеяна. – Минск : Ураджай, 1974. – 312 с.
4. Дубовик, А. Э. Противозероизонная устойчивость дерново-подзолистых почв Беларуси на различных почвообразующих породах и приемы ее регулирования : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.03 / А. Э. Дубовик. – Минск, 2006. – 145 л.
5. Дубовик, А. Э. Сравнительная оценка противозероизонной устойчивости дерново-подзолистых почв, сформированных на мощных легких лессовидных и моренных суглинках / А. Э. Дубовик, А. Ф. Черныш // Почвоведение и агрохимия : сб. науч. тр. / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2004. – Вып. 33. – С. 45–52.

УДК 631.41:631.8

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

О. А. ЦЫРКУНОВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Среди целого ряда факторов, определяющих уровень плодородия, ведущая роль принадлежит именно биологическому. Роль эффективных почвенных микроорганизмов в создании оптимальных условий почвенного питания общеизвестна [1].

В почве особенно широко представлены гнилостные, маслянокислые и нитрифицирующие бактерии, а также разные виды актиномицетов и микроскопических мицелиальных грибов. Данные, полученные С. В. Куликовым и О. Ф. Хамовой [2] показывают, что почвенные микроорганизмы оказывают влияние на поступление жизненно важных химических элементов из почвы в растения, на скорость различных процессов, происходящих в почве, и на урожайность возделываемых культур. Исследования по изучению влияния уровня азотного питания на микрофлору почвы, а в конечном итоге и на урожайность культур, являются актуальными и представляют определенный практический интерес.

Цель исследований: изучение закономерностей изменения численности почвенной микрофлоры при разных уровнях доз азотных удобрений под культуру.

Объектом исследований являлись образцы почвы посевов на опытном поле ГСХУ «Горецкая сортоиспытательная станция» в 2016–2017 гг. Для посева использовали гибрид кукурузы отечественного производства Полесский 212 СВ.

Опыт закладывали в соответствии с общепринятой методикой [3]. Площадь учётной делянки 50 м², повторность опыта трёхкратная.

Азот вносили в следующих вариантах: контроль – без удобрений, навоз 120 т/га, навоз 80 т/га в сочетании с минеральными удобрениями, эквивалентными содержанию NPK в 40 т/га подстильного навоза.

Агрохимические показатели почвы: почва дерново-подзолистая легкосуглинистая, подстилаемая моренным суглинком. Содержание гумуса 1,79 %, P₂O₅ – 286 мг и K₂O – 238 мг на 1 кг почвы, уровень pH (KCl) – 6,0. Предшественник – озимая пшеница.

Численность микроорганизмов в почве определяли, применяя метод учета на твердых питательных средах, в лаборатории сельскохозяйственной микробиологии кафедры ботаники и физиологии растений.

Почву для анализа отбирали в 10 местах с каждой делянки в день уборки кукурузы. Образцы почвы в тот же день высевались на питательные среды. Для этого почву перемешивали и отбирали средний образец весом 10 г, переносили его в колбу с 90 мл стерильной воды. Колбу взбалтывали 10 минут, давали отстояться грубым частицам почвы и методом разведения готовили суспензии в пробирках, содержащие разные количества почвы. Для всех посевов использовался поверхностный способ посева.

Для учета бактерий проводили посев на питательную среду МПА из разведения 1:10 000, для учета актиномицетов – посев на КАА из разведения 1:1000, микроскопических мицелиальных грибов – посев на среду Сабура из разведения 1:100. Для учета каждой группы микроорганизмов использовались по 2 чашки Петри.

Учет бактерий проводили через 3 суток, актиномицетов и грибов через 7 дней. Показатели, получаемые при посеве на твердые питательные среды, условны так как актиномицеты и грибы часто размножаются спорами, кусочками мицелия. Поэтому чаще говорят о количестве КОЕ (колонеобразующих единиц).

Полученные результаты позволяют установить изменение численности микроорганизмов при разном уровне азотного питания.

Наибольшей по численности оказалась бактериальная группа микроорганизмов во всех вариантах опыта. Максимальная численность бактерий в почве в 2016 году определялась в варианте с органоминеральной системой удобрений и достигала 9,1 млн/г почвы. При использовании только органических удобрений численность бактерий была меньше на 1,8 млн/г почвы. В контрольном варианте численность бактерий была почти в 2 раза меньше и составила 4,7 млн/г почвы.

В 2017 году количество бактерий в целом оказалось меньше, чем в 2016, скорее всего это связано с засушливым летним периодом. Численность бактерий в варианте без удобрений составила 3,6 млн/г почвы, при использовании органических удобрений – 6,3 млн/г почвы, при сочетании органических и минеральных удобрений – 8,2 млн/г почвы.

Актиномицеты играют важную роль при круговороте веществ, они очень близки к бактериальной группе, но они являются более засухоустойчивыми микроорганизмами. Поэтому засушливый 2017 год не так сильно сказался на них как на бактериях. В 2017 году численность актиномицетов в почве всех вариантов была в 1,4 раза выше, чем в 2016 году. Максимальное развитие актиномицетов наблюдалось органоминеральной системе и составляло $7,1 \cdot 10^5$ КОЕ в 1 г почвы. В 2016 году наряду с невысоким содержанием в почве актиномицетов, они слабо различались в вариантах с удобрениями. Ниже была их численность в варианте без удобрений.

Актиномицеты на порядок уступают бактериям по численности, возможно потому, что на КАА велся учет только колоний, принадлежащих истинным актиномицетам, образующим воздушный мицелий и дающим пигментацию с нижней стороны.

Внесение органических удобрений было оптимальным для развития плесневых грибов в оба года исследования. В среднем в почве этого варианта содержалось 19 тыс. КОЕ в 1 г почвы.

Для конкретных почвенно-климатических условий получены результаты изменения микробиологической активности почвы при разных дозах азотного питания. Для развития бактерий и актиномицетов более благоприятные условия складывались в случае использования навоза в сочетании с минеральными удобрениями, плесневые грибы лучше развивались при использовании только органических удобрений.

По результатам проведенных исследований рекомендуется в условиях дерново-подзолистых почв при выращивании кукурузы использовать органоминеральную систему удобрений, что позволит получить максимальную урожайность культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьева, Т. Д. Эколого-биогеохимическая оценка влияния микробиологических препаратов, содержащих *Bacillus subtilis*, на систему почва – растение: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Т. Д. Кондратьева. – М., 2014. – 141 с.
2. Куликов, С. В. Биологическая активность лугово-черноземной почвы в зависимости от удобрений / С. В. Куликов, О. Ф. Хамова // Плодородие. – 2004. – №6(21). – С. 23–24.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛОМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И *HUMICOLA FUSCOATRA* ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

И. В. ЧЕРЕПУХИНА, канд. биол. наук,

Н. В. БЕЗЛЕР, д-р. с.-х. наук,

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара им. А. Л. Мазлумова»,

п. ВНИИСС, Воронежская область, Российская Федерация,

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,

г. Воронеж, Российская Федерация

Восстановление почвенного плодородия является одной из главнейших задач в условиях Центрально-Черноземного региона. Основным типом почв в нём являются черноземы, они занимают 31,2 % площади сельскохозяйственных угодий, их распашка и длительное сельскохозяйственное использование усиливает процессы миграции карбонатов по почвенному профилю, приводит к проявлению признаков элювиально-иллювиального характера распределения гумуса. Это, в конечном итоге, даже без учета процесса отчуждения органического вещества с урожаем, сдвигает его баланс по всему профилю в отрицательную сторону. Убыль гумуса из верхней полуметровой толщи составляет 30, а из слоя 50–100 см – 20 т/га [1, 2].

При сельскохозяйственном использовании почв наиболее эффективным средством восполнения потерь плодородия являются органические удобрения. Навоз в этом плане служит основным источником органического вещества и элементов минерального питания, но его применение в ЦЧР ограничено из-за невысокой численности сельскохозяйственных животных.

В сложившейся ситуации следует искать возможность применения альтернативных видов органических удобрений. В Воронежской области излишки соломы составляют от 2 до 3,5 млн т. Использование такого объема соломы в качестве органического удобрения может обеспечить ежегодное восполнение запасов органического вещества в пахотных почвах [3]. Однако в ЦЧР в условиях недостаточного увлажнения скорость микробиологического разложения соломы затягивается на несколько лет. Ускорить процесс трансформации соломы и предотвратить негативные последствия от ее запашки можно при помощи специализированного штамма целлюлозолитического микромицета (*Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016) и дополнительных компонентов для активизации его жизнедеятельности. При этом в почве останутся продукты полураспада, которые могут быть включены в процесс синтеза молекул гумуса.

В лаборатории эколого-микробиологических исследований почв из чернозема типичного был выделен штамм целлюлозолитического микромицета, обладающего высокой активностью. Лабораторные и полевые исследования показали, что его использование приводит к ускорению разложения соломы озимой пшеницы на 50 % [4].

Для изучения действия целлюлозолитического микромицета на разложение другого вида соломы – ячменя был заложен полевой опыт в зернопаропропашном севообороте (пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень). Общая площадь полевого опыта составила 432 м², длина каждой делянки 5 м, ширина 5,4 м, площадь – 27 м². Солому на делянки вносили вручную в дозе 4 т/га после уборки ячменя. Дополнительные компоненты (целлюлозолитический микромицет, азотное удобрение и питательную добавку) непосредственно перед вспашкой. Целлюлозолитический микромицет вносили на делянки в виде инокулюма. В качестве минерального удобрения, содержащего азот, была использована азофоска из расчета 40 кг действующего вещества на гектар. Внесение удобрения также осуществляли вручную. Питательную добавку (ПК – патока) вносили с помощью ранцевого опрыскивателя из расчета 200 л/га рабочего раствора.

Наиболее ценными источниками гумусовых веществ являются углеводы, белки, лигнины, липиды, дубильные вещества, воск и смолы. Другие органические соединения, поступающие в почву в составе органических остатков, содержатся в них в незначительных количествах и не могут рассматриваться в этом контексте [5, 6, 7]. Именно первыми богата солома ячменя, в ней содержится 32,92 % целлюлозы, 21,45 % составляют пентозаны и гемицеллюлоза; 18,7 % – лигнин, 3,70 % – сырой протеин; 1,40 % – декстрины; 5,56 % – зола [8].

Динамика гумусового состояния может служить индикатором (имитационной моделью) изменения ресурсов почвенного плодородия. При этом гумусовое состояние рассматривается не как конечный результат гумусовой обеспеченности на определенном этапе ее развития, а как непрерывный динамический комплекс взаимосвязанных явлений поступления и трансформации растительных материалов, взаимодействия продуктов трансформации с другими компонентами

почвенной среды, их закрепления и миграции в процессе «жизни» почвы. Внесение соломы увеличивает содержание энергетического материала для микроорганизмов, что способствует более активной деятельности почвенной микрофлоры и обогащению ее видового состава. В процессе микробиологического разложения органических удобрений в почве формируется значительное количество самых разнообразных промежуточных продуктов их распада, которые используются в новообразовании гумусовых веществ [9].

Полученные в полевом опыте результаты свидетельствуют о том, что наиболее активно образование гумусовых веществ проходит на начальных этапах разложения растительных остатков. При внесении соломы запасы гумуса увеличивались на 11,9 т/га относительно контроля (133,3 т/га) (рис. 1). Использование с соломой с азотного удобрения способствовало ещё большему накоплению гумусовых веществ в почве и составило 151,1 т/га. При заашке соломы с целлюлозолитическим микромицетом и дополнительными компонентами в первый год трансформации было накоплено самое высокое количество гумусовых веществ, что достоверно превышало контроль на 26,8 т/га, использование одной соломы – на 14,9, соломы с азотом – на 9,0 т/га ($HCp_{05}=8,54$).

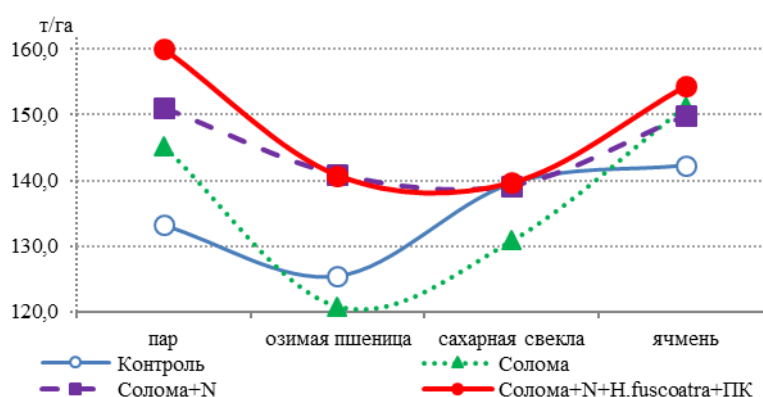


Рис. 1. Запасы гумуса в почве после внесения соломы ячменя с дополнительными компонентами, т/га

В посевах озимой пшеницы (на следующий год после заашки) запасы гумуса составляли 132,7 т/га. Последствие трансформации соломы негативно сказалось на исследуемом показателе – появилась тенденция к его снижению до 130,4 т/га. В то время как после заашки соломы с минеральным азотным удобрением и с целлюлозолитическим микромицетом запасы органического вещества были практически на одном уровне, что и при заашке соломы: 142,2 и 144,0 т/га соответственно. То есть можно предположить, что использование целлюлозолитического микромицета уже в первый год трансформации способствовало наиболее активному разложению соломы, что в конечном итоге привело к большему накоплению органических веществ в почве.

В посевах сахарной свеклы запасы гумуса в контроле повысились до 139,6 т/га, что возможно связано с поступившими пожнивными остатками предшествующей культуры севооборота – озимой пшеницы. При заашке соломы они составили 130,9 т/га, то есть остались на уровне предыдущего года – 130,4. При использовании соломы с азотным удобрением и соломы с дополнительными компонентами к третьему году накопление гумусовых веществ сохранялось практически на том же уровне, как и в посевах озимой пшеницы.

На четвертый год в посевах культуры, завершающей паровое звено севооборота – ячмень, в контроле запасы гумуса несколько возросли – 142,4 т/га, что связано с трансформацией пожнивных остатков озимой пшеницы без использования дополнительных компонентов. При заашке соломы отмечено усиление накопления органического вещества в почве, рост запасов гумуса составил 8,9 т/га относительно контроля и 20,4 т/га относительно предыдущего года. Видимо, только к четвертому году степень трансформации соломы позволила активизировать гумусообразование. Заашка соломы с азотным удобрением также способствовала увеличению запасов гумуса, но не такому резкому – на 7,5 т/га в сравнении с контролем и на 10,6 т/га относительно предыдущего года исследований. Внесение соломы с целлюлозолитическим микромицетом, азотным удобрением и питательной добавкой способствовало увеличению запасов гумуса до 154,4 т/га и превышало контроль на 12,0 т/га, заашку одной соломы на 3,1, соломы с азотом – на 4,5 т/га. В посевах ячменя отмечена тенденция к повышению содержания гумуса, чему, по-видимому, способствует деградация содержащихся в остатках озимой пшеницы более сложных полимеров. То есть можно предположить, что целлюлозолитический микромицет сохраняет свою активность на протяжении всех четырех лет исследований.

Таким образом, использование ячменной соломы совместно с *Humicola fuscoatra*, стимулируя жизнедеятельность почвенной микрофлоры, положительно сказывается на биохимических превращениях органических остатков, и, в конечном итоге, на накоплении гумусовых веществ в почве к концу первого года разложения. Кроме того, использование *Humicola fuscoatra* при заправке соломы ячменя на протяжении четырех лет проявляет полифункциональное положительное действие на микробиологические и биохимические свойства почвы, что способствует поддержанию эффективного и потенциального плодородия почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щеглов, Д. И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д. И. Щеглов. – М.: Наука, 1999. – 214 с.
2. Стекольников, К. Е. Влияние систем применения удобрения и мелиорантов на карбонатно-кальциевый режим и гумусное состояние чернозема выщелоченного в условиях лесостепи ЦЧЗ. автореф. дисс. д.с.-х.н. – Воронеж, 2011. – 15 с.
3. Русакова, И. В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии / И. В. Русакова. – Владимир: ВНИИУ, 2016. – 131 с.
4. Колесникова, М. В. Формирование плодородия чернозема выщелоченного при интродукции аборигенного штамма целлюлозолитического микромицета и дополнительных компонентов при заправке соломы озимой пшеницы / М. В. Колесникова, Н. В. Безлер, Б. Л. Агапов // Агрохимия. – 2014. – №8. – С.17–25.
5. Дюшофур, Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв / Ф. Дюшофур. – М.: Прогресс, 1970. – 592 с.
6. Пономарева, В. В. Гумус и почвообразование: методы и результаты изучения / В. В. Пономарева. – Ленинград: «Наука», 1980. – 220 с.
7. Туев, Н. А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н. А. Туев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 236 с.
8. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе. – М.: «Колос», 1972. – 88 с.
9. Усманов, Р. Р. Влияние многолетнего удобрения соломой на содержание в почве органического вещества / Р. Р. Усманов, Д. В. Васильева // Доклады Московской сельскохозяйственной академии им. Тимирязева. – 1980. – №2. (64). – С. 64–67.

УДК 66.047

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ДОЛЖНО НАЧИНАТЬСЯ С УВЕЛИЧЕНИЯ МАССЫ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ

В. И. ЧИКОВ, д-р. биол. наук, профессор, заведующий лабораторией продукционных процессов растений
Казанский институт биохимии и биофизики – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Россия

Показано, что засухоустойчивые сорта имеют большую первичную корневую систему по сравнению с высокопродуктивными, но не устойчивыми. Манипуляции с условиями минерального питания показали, что этим процессом можно управлять. Удалением нитратов от корней и опрыскиванием листьев до кущения аммиакатами можно увеличить массу корней в 2 и даже в три раза. Показано, что разделением потоков семян и удобрений при посеве можно повысить число всходов (на 25 %), а кустистость растений (в два раза). Сделан вывод, что, развивая корневую систему, можно увеличить органическую массу корней, повысить симбиоз растений с микробами, а современем и плодородие почв.

В течение XX века запасы **органического вещества в черноземах** России уменьшились в два раза (Ковда, Пачепский, 1989). Расчеты показывают, что около 20 % всего углекислого газа, накопившегося в атмосфере за это время, могло образоваться именно в результате разрушения органического вещества почвы (Добровольский, Никитин, 1990). Растения, вышедшие из океана на сушу, столкнулись с неведомым им фактором – засухой. Это потребовало радикального изменения их строения. Интенсификация роста водопроводящих корней, вероятно, была одной из главных задач для растений на протяжении всей их истории на суше. Но с развитием на земле популяции человека и культивирования высокопродуктивных растений произошло существенное вмешательство в этот процесс. Выведение человеком культурных растений было прежде всего подчинено увеличению массы хозяйственно важного органа (колос, плод, корнеплод). Такие полезные с эволюционной точки зрения органы, как корни, остались вне внимания селекционеров и развивались спонтанно. В результате, у всех культурных растений по сравнению с дикими предшественниками формировалась уменьшенная по массе корневая система.

В ходе селекционного процесса в XX веке было создано много новых и высокопродуктивных сортов растений. Однако, в результате, культурные растения теряли размер корневой системы и становились неустойчивыми к неблагоприятным факторам среды (прежде всего к засухе). Эти явления агрономам объясняли тем, что растениям одновременно создавались очень благоприятные

условия для формирования урожая и им не нужно было развивать мощную корневую систему. Но совершенно очевидно, что устойчивость к засухе определяется прежде всего, не состоянием молекул воды в клетках, а тем, успевают ли водопроводные корни растения за уходящей водой в почве.

Интенсивная селекция культурных растений, особенно после открытия чилийской селитры, позволила создать условия для реализации высокой продуктивности растений при малой массе корней. Фактически это позволило спасти от гибели миллионы человеческих жизней. Но работа селекционеров в этом направлении привела к нарастанию производства минеральных удобрений и внесения их в почву.

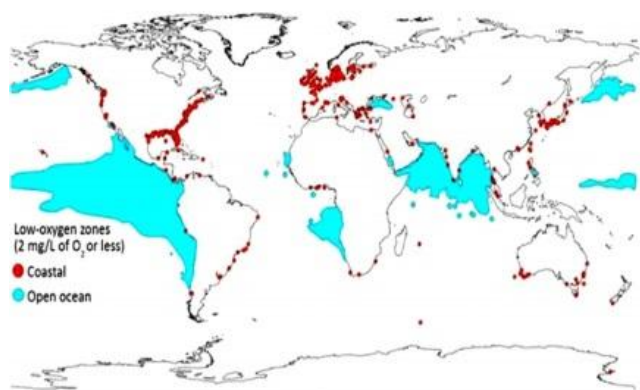


Рис. 1. Карта мира с мертвыми зонами в океане

Такие выводы содержатся в результатах исследования, проведенного международной группой ученых. Безжизненными становятся устья рек, прибрежные морские акватории, и даже удаленные от берега участки. Между тем, большинство обитателей моря в мертвых зонах существовать не могут. Виноваты в этом азотные удобрения, попадающие в воду из стоков рек. В результате начинается бурное цветение одноклеточных морских водорослей – пища для бактерий, поглощающих кислород.

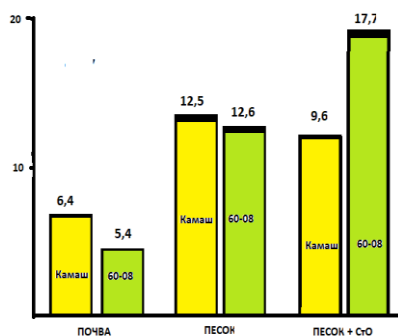


Рис. 2. Масса корней перед кущением у устойчивого (Камашевский) и неустойчивого (60-08) сортов ячменя

селекционная деятельность человека находится в противоречие с эволюционным развитием наземных растений. В связи с этим целью наших исследований была проверка, как зависит корнеобразование от присутствия около корней нитратов. Опыты с разным уровнем минерального питания (выращивание растений в почве или в песке) показали (Чиков и др., 2017) возможность увеличения роста корней в 2–3 раза (рис. 1). Для этого надо понизить уровень нитратов в зоне прорастающего семени (промытый песок). Можно получить дополнительный эффект, если опрыскать растения комплексными соединениями меди и цинка (стимулятор оттока сахаров из листьев (СтО Chikov et al., 2006). Смотри в интернете: (<https://regnum.ru/news/innovatio/2374286.html?t=1517388452>)

В странах Западной Европы этот показатель достигал 1,5–2,0 т удобрений в год на гектар. Однако, чем больше вносилось удобрений, тем большая их часть вымывалась грунтовыми водами в реки и моря. По данным Атласа Мирового океана 2013 года, к 1995 году по всей планете в океане насчитывалось 305 мертвых зон с пониженным содержанием кислорода. В 2007 году их было уже 405, а за последнее десятилетие их количество выросло в десять раз.

Низкокислородные зоны. Красные точки обозначают места на побережье, где кислород упал до 2 миллиграммов на литр или меньше, а синие области показывают зоны с таким же уровнем кислорода в открытом океане.

Проведенные нами в КИББ (совместно с Татарским НИИСХ) исследования контрастных по устойчивости сортов ячменя показало (рис. 2), что на ранних этапах онтогенеза устойчивые растения имеют вдвое больший размер корневой системы (Блохин, Тагиров, Чиков, 2016).

Экспериментальное изменение массы продуктов фотосинтеза (удаление части листьев) или их экспорта из листьев (повышенный уровень нитратов и обработка аммиакатами) выявило, что этот процесс поддается регулированию. Сделан вывод, что



Фото. Растения, посеянные в канавку с песком
(остальное в ящике почва)

Еще один аспект этой проблемы. В условиях дефицита азота и сокращения синтеза аминокислот поток углерода через фотодыхание сокращается, а экспорт сахаров увеличивается. Это приводит к открыванию устьиц и повышению фотосинтеза [Чиков и др., ФР. 2015 (1); 2016 (1)].

Проверка этой идеи в условиях искусственной засухи показала [Чиков IA REGNUM], что, если посев семян провести (фото) в небольшую зону песка (канавка 5 x 5 см), корнеобеспеченность увеличивается почти в два раза (табл.).

Влияние засухи и субстрата, в котором проходило формирование корней, на сухую массу растения ячменя (г) в начале фазы выхода в трубку (в среднем по двум сортам).

Варианты	Надземная масса	Корни	Растение всего	Корни/надземная масса
Оптимальное водообеспечение				
Контроль почва	$3,22 \pm 0,25$	$1,38 \pm 0,52$	$4,60 \pm 1,77$	0,43
Контроль песок	$0,64 \pm 0,18$	$1,20 \pm 0,17$	$1,84 \pm 0,27$	1,87
Засуха				
Почва+почва	$1,15 \pm 0,15$	$0,82 \pm 0,18$	$1,97 \pm 0,47$	0,71
Почва+песок*	$1,09 \pm 0,06$	$1,41 \pm 0,10$	$2,50 \pm 0,25$	1,29

* – песок был насыпан перед посевом в канавку сечением (5 x 5 см). Проведены полевые испытания с разделением потоков семян и удобрений при посеве. Результат – всхожесть увеличилась на 25 %, а кустистость в 2 раза.

Приведенные выше данные совершенно очевидно свидетельствуют о необходимости изменить агротехнику выращивания растений (прежде всего зерновых) по следующим направлениям:

1) снизить количество вносимых в почву минеральных удобрений и прекратить разбрасывать их по всей площади посева; 2) вносить удобрения в меньшем количестве и дозированно между рядов высеянных семян для доступности их растениям после определенной временной паузы; 3) использовать обработку растений комплексными соединениями металлов с аммиаком (аммиакаты), для усиления оттока сахаров из листьев именно в тот период, когда рост корней наиболее важен — до кущения.

Все это позволит получить перед старой агротехникой следующие преимущества:

– экономию (в два–три раза) количества вносимых в почву минеральных удобрений, так как вдали от корневой системы растений более половины их вымывается дождевыми водами и ухудшает экологическую обстановку в природе;

– повышение устойчивости у высокопродуктивных сортов культурных растений, которые более подвержены действию даже небольшой засухи;

– увеличение естественного плодородия пахотных почв, так как в ней возрастет послеуборочное количество органических веществ, а за счет симбиоза растения с микроорганизмами увеличится фиксация азота воздуха. Кроме того, изоляция корней 2–3 мм слоем микроорганизмов в пахотном слое почвы сокращает потери воды растением в засуху.

Если усилия человечества будут направлены на сокращение использования минеральных удобрений и увеличение у всех культурных растений массы корней, то это повысит плодородие почв. И все это выполнимо, т.к. в природе образование мощных (2 м) черноземов происходило без минеральных удобрений и вмешательства человека.

Так выполним же требования природы.

ВЛИЯНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КУЛЬТУР НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СРЕДНЕСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

С. Р. ЧУЙКО, науч. сотр. отдела агротехники,
РУП «Институт льна»,
А. Д. ЧИРИК, студент агроэкологического факультета,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В последнее время наблюдается тенденция снижения внесения органических удобрений под сельскохозяйственные культуры. В 2014 г. на гектар пахотных земель было внесено 10,7, 2015 г. – 10,3, 2016 г. – 9,7 тонн [1]. Меньше всего органики вносится в Витебской области: за период 2014–2016 гг. – 5,3–6,1 т/га. В то время как в Брестской области этот показатель за данный период времени варьировал в пределах 14,4–16,0 т/га. Альтернативой применения органических удобрений является возделывание промежуточных пожнивных культур на зеленое удобрение, как источника пополнения в почве органического вещества.

Исследования проводились на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, развивающейся на лессовидном пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 100 см мареной, с содержанием гумуса 1,82 %, подвижных форм фосфора 190–200, калия 160–185 мг/кг почвы. Уплотнение звена восьмипольного зерно-льняного севооборота осуществляли культурами редькой масличной, горчицей белой, рапсом яровым, гречихой посевной, посеянными по стерне озимой пшеницы. При накоплении в условиях северо-востока Беларуси культурами сухого вещества 12–17% измельченная зеленая масса запахивалась на зеленое удобрение.

Биологическая активность почвы – это совокупность биологических процессов, протекающих в почве. О ней судят по интенсивности дыхания почвы (потребление кислорода, выделение углекислоты), её ферментативной активности и другим показателям. Чем выше в почве содержание подвижного азота и других элементов питания, тем активнее в ней происходят процессы окисления клетчатки.

Определение общей биологической активности почвы осуществляли по методу Мишустина, Вострова и Петровой (по интенсивности разложения льняного полотна) [2]. Оценка биологической активности почвы по интенсивности разрушения клетчатки проводилась по шкале: очень слабая < 10, слабая 10–30, средняя 30–50, сильная 50–80, очень сильная > 80 % [3].

Степень разложения полотна в зерно-льняном севообороте после озимой пшеницы за годы исследований на 50 день экспозиции составила 33,2 %, что, согласно шкале, соответствует средней биологической активности почвы (таблица). Использование изучаемых промежуточных стерневых культур на зеленое удобрение обеспечило повышение степени разложения полотна до 39–42 %, что также соответствует средней биологической активности почвы.

Дыхание почвы определяли методом абсорбции по В. И. Штатнову [4]. В вариантах с применением промежуточных культур установлена более высокая интенсивность дыхания почвы по сравнению с контролем. Количество выделившегося углекислого газа (CO₂) в фазе цветения было выше на 0,38–0,96 кг/га в час, или на 14–36 %. Наиболее активно биологические процессы в почве проходили после посева редьки масличной на зеленое удобрение, где интенсивность дыхания повышалась на 36 %. Наименьшая масса углекислого газа из почвы (3,03 кг/га в час) отмечена в варианте с промежуточной культурой горчицей белой, где интенсивность выделения CO₂ увеличивалась только на 0,38 кг/га в час, или на 14 %.

**Биологическая активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в зависимости от уплотнения
севооборота промежуточными культурами, 2017–2018 гг.**

Вариант опыта	Степень разложения льняного полотна		Масса CO ₂ в почве в фазе цветения		Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	
	%	+/-, %	кг/га в час	%	2-я декада мая	3-я декада июля
Контроль	33,2		2,65	100	1,66	1,54
Гречиха посевная	42,4	9,2	3,16	119,2	1,49	1,48
Редька масличная	42,3	9,1	3,61	136,2	1,56	1,49
Горчица белая	41,7	8,5	3,03	114,3	1,58	1,43
Рапс яровой	39,3	6,1	3,13	118,1	1,58	1,47

Среднесуглинистая почва характеризуется высокой плотностью в корнеобразующем слое. Плотность почвы зависит от её минералогического состава почвы, размера почвенных частиц, содержания органического вещества, структурного состояния и пористости. Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальная величина плотности на суглинистых и глинистых почвах 1,0–1,2 г/см³ [5].

Плотность почвы в пахотном слое определяли по методу Н. А. Качинского [6]. Использование промежуточных культур на зеленое удобрение в зерно-льняном севообороте после озимой пшеницы обеспечило плотность почвы в корнеобразующем слое (10 см) во 2-й декаде мая (фаза «елочка» льна) 1,49–1,58, в 3-й декаде июля (фаза ранней желтой спелости льна) – 1,43–1,49 г/см³. Снижение плотности почвы в начале вегетации последующей культуры (фаза «елочка» льна) составило 0,08–0,17 г/см³, к уборке (фаза ранней желтой спелости) 0,05–0,11 г/см³. Снижение данного показателя происходит в результате разложения растительных остатков, запаханных на зеленое удобрение (дополнительное органическое вещество) и повышения деятельности почвенных микроорганизмов, что улучшает поступление кислорода к корневой системе, вследствие чего увеличивается интенсивность роста растений.

Уплотнение зерно-льняного севооборота промежуточными стерневыми культурами (гречихой посевной, редькой масличной, горчицей белой, рапсом яровым) в качестве органических удобрений улучшает качественные показатели почвы: повышает интенсивность дыхания почвы на 14–36 % и биологическую активность почвы по степени разложения льняного полотна на 6–9 %; снижает плотность почвы в корнеобразующем слое на 5–10 % (фаза «елочка» льна), 3–7 % (фаза ранней желтой спелости).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск: Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета РБ, 2017. – 232 с.
2. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1993. – 265 с.
3. Агрохимия. Практикум / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
4. Практикум по агрохимии : учебное пособие / В. Г. Минеев [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
5. Практикум по почвоведению / Под ред. И. С. Кауричева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 272 с.
6. Воробьев, С. А. Практические занятия по почвоведению и земледелию / С. А. Воробьев, М. Г. Аваев. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 336 с.

УДК 332.6

КАЧЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА ИХ СТОИМОСТЬ

З. Р. ШЕУДЖЕН, старший преподаватель,
Я. В. ЗАЙЦЕВА, старший преподаватель,
ФГБУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар, Краснодарский край

Земли сельскохозяйственного назначения являются одной из наиболее ценных категорий земельного фонда Краснодарского края. В связи с этим стоимость их должна напрямую зависеть от качественного состояния. К основным факторам, которые обуславливают стоимость данных земель, относятся местоположение, качество почв, интенсивность использования земель, технологии выращивания сельскохозяйственных растений, и др. [1,2,3].

На 01.01.2017 г. в Краснодарском крае площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет 4727, 9 тыс. га. За последние десять лет наблюдается интенсивное уменьшение как количественных, так и качественных характеристик данной категории. Одной из причин сокращения сельскохозяйственных угодий является деградационные почвенные процессы. Основными негативными процессами, происходящими в почвах Краснодарского края и приводящими к их деградации, являются эрозия (водная и ветровая), сокращение содержания гумуса в почве, уплотнение и слитизация, переувлажнение и заболачивание, засоление и солонцеватость.

За последние 40 лет на территории края намечена тенденция уменьшения площади черноземов малогумусных и увеличение площади слабогумусных соответственно. Явное выражение такой тенденции заметно на выщелоченных и обыкновенных черноземах [4,5].

Источником информации по негативным признакам почв и их динамике являются материалы почвенных и почвенно-эрозионных наблюдений и обследований, материалы по выявлению дефлированных, загрязненных, смытых, уплотнённых, заболачиваемых, переувлажнённых и других земель.

Маршрутные обследования, проведенные в начале прошлого века В. В. Докучаевым, С. А. Яковлевым, И. В. Имшенецким, Б. В. Скаловым, Е. С. Блажним и другими, показали, что черноземы Прикубанской и Закубанской равнин содержали в пахотном слое в основном 4–6 % гумуса, т. е. относились к малогумусным. По данным КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко содержание гумуса за последние 100 лет существенно снизилось: в среднем с 4,6 – 5,4 % до 3,1 – 3,8 %. Среднегодовой баланс гумуса по краю составляет (т/га): расход 0,95, приход 0,49, дефицит 0,46. Потребность в органических удобрениях 7,6 т/га. По расчетам, расширенное воспроизводство почвенного плодородия и получение средних урожаев возможно при внесении до 8 т/га органических удобрений в Северной и 9–11 т/га – в Центральной и Южно-предгорной зонах. Для заправки почв органическими удобрениями навоза не хватает.

Одним из отрицательных природно-климатических факторов является процесс переувлажнения и подтопления земель. Переувлажнение сельскохозяйственных угодий в крае отмечено было еще в 1891 г. в трудах историка Кубани Ф. А. Щербины, причем была отмечена цикличность подъема уровня грунтовых вод с интервалом 25–30 лет. Но за последние десятилетия текущего столетия процессы переувлажнения не только значительно увеличились, но и проявили тенденцию к развитию по спирали. Процесс распространения переувлажненных земель, приобрело значение, сопоставимое с естественными факторами, а в некоторых районах (Красноармейский, Динской, Калининский) имеет ведущее значение

Из общей площади сельскохозяйственных угодий на сегодняшний день 71 % подвержено дефляции, в том числе средне и слабо дефлировано 33 %.

Продолжаются процессы загрязнения земель тяжелыми металлами. Помимо тяжёлых металлов, земли сельскохозяйственного назначения в отдельных районах загрязнены естественными и искусственными радионуклидами. Все вышеперечисленные факторы в той или иной мере должны влиять на кадастровую стоимость земель сельскохозяйственного назначения [6].

Утвержденная на сегодняшний день Методика определения кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения предполагает рыночный подход к определению стоимости земель сельскохозяйственного назначения. При всем при этом необходимо отметить, что все проводимые в настоящее время данные о сельскохозяйственных землях противоречивы и не соответствует фактическому их состоянию, поскольку основываются на кардинально устаревших данных 1980–1990 гг. Тогда как именно их используют при определении кадастровой стоимости их.

Таким образом, можно сделать вывод, что стоимость оцениваемой земли, рассчитывается, исходя из данных о недавно совершенных сделках или предложениях о продажах земельных участков, сходных с оцениваемым объектом, но не учитывает их реальное качественное состояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеуджен З. Р. Проблемы рационального использования и охраны почв / З. Р. Шеуджен // Материалы 71-й науч.-практ. конф. преподавателей по итогам НИР за 2015 г. – Краснодар : КубГАУ – 2016. – С. 163–164.
2. Жуков В. Д. Проблемные вопросы государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения на Кубани / В. Д. Жуков, З. Р. Шеуджен, М. В. Сидоренко // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики Материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Томск, 2018. – С. 143–149.
3. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации [Текст] / Под общей редакцией Сапожникова П. М., Носова С. И. – М.: ООО «НИПКЦ Восход – А», 2012. – 160 с.
4. Власенко, В. П. Деградационные процессы в почвах Краснодарского края и методы их регулирования: монография / В. П. Власенко, В. И. Терпелец. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 204 с.
5. Власенко, В. П. Деградационные процессы в почвенном покрове и их влияние на оценку качества земель. Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 34. – С. 142–143.
6. Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2017 году» // Сайт Министерства природных ресурсов Краснодарского края [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://mprkk.ru>.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОЧВ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

З. Р. ШЕУДЖЕН, старший преподаватель,
ФГБУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар, Краснодарский край

При наблюдении за качественным состоянием почв используют различные методы. Одним из таких является наземный метод, который в свою очередь подразделяется на физико-химический, биологический, метод статистической и математической обработки данных. Перспективным направлением в области оценки качества почв является применение методов дистанционного зондирования и ГИС технологий. Дистанционные методы нашли большое применение в АПК. Космический мониторинг с использованием технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет проводить инвентаризацию и картографирование сельхозугодий, оперативный контроль за состоянием посевов различных культур, оценку всхожести, полный мониторинг темпов уборки урожая сельскохозяйственных культур [1].

В России с 2013 года создан единый государственный реестр почвенных ресурсов (ЕГРПР) России, который на сегодня есть в электронном виде в Интернете. ЕГРПР создавался на основе почвенных карт хозяйств, карты областей. Это большая работа, которую проводил почвенный институт имени В. В. Докучаева в содружестве со многими другим организациями. При создании ЕГРПР в 2010 г. была разработана структура атрибутивных данных, создана программа для локального ввода почвенных данных Soil-DB ver.1, модуль приема и конвертации данных на сервере [2].

Цифровая модель описания почвенных данных в ЕГРПР представляет собой унифицированный метод формального описания разнородных почвенных данных, предназначенный для использования в электронной среде хранения данных и реализованный в форме базы данных. Цифровая модель детализирует семантику структуры ЕГРПР на уровне описания горизонтов, дополняя его характеристиками образцов и морфологических элементов. Концептуальная модель основана на использовании свойств наименьшего информационного высказывания, которое с максимальной достоверностью может быть оценено пользователем – потребителем данных как истинное или ложное без дополнительного обращения к бумажному источнику данных. Она показывает взаимодействие вербального описания почвы и электронного хранилища почвенных данных, осуществляемое через формализованное описание предметной области (рис. 1).

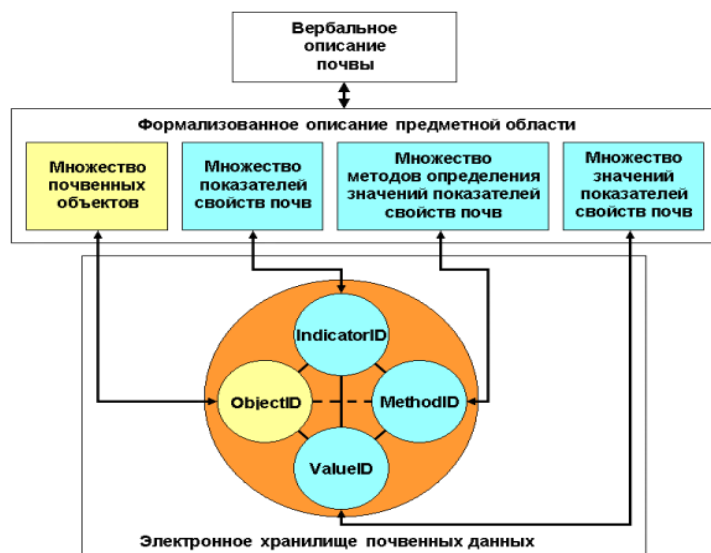


Рис. 1. Концептуальная схема цифровой модели описания почвенных данных

В Краснодаре открыт первый в стране Центр спутникового мониторинга за сельхозземлями. Данный центр дает любую информацию о сельскохозяйственных угодьях: где и какая культура растет, сколько нужно внести удобрений, откуда бегут насекомые-вредители. Все данные поступают в центр мониторинга в Краснодаре. Это стало возможно, после того как Краснодарский край сделал полную паспортизацию полей, первый в стране [3,4]. Центр мониторинга позволяет наблюдать за каждым полем на территории края. Причем, наблюдение ведется комплексно: в информационную

базу системы поступает и хранится информация о том, кто и сколько внес удобрений, какая техника работает в поле, соблюдается ли севооборот, как ведется работа по сохранности плодородия почв. Основным достоинством созданной электронной карты сельхозугодий является обширная база данных, включающая информацию о площади, текущем состоянии почвы, истории севооборота, уровне влажности, температурном режиме и ежедневном приросте биомассы. На наш взгляд, такая база данных может являться актуальной и достоверной основой для расчета показателей оценки качества почв, таких как совокупный почвенный балл, балл бонитета по сельскохозяйственным культурам и др. Система разработана Министерством сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края, при участии Минсельхоза РФ, ученых КубГАУ, Института космических исследований РАН РФ.

Также на сегодняшний день в крае внедрен государственный информационный ресурс, построенный на базе ГИС «АгроУправление». В «АгроУправлении» предоставляются возможности для интеграции практически с любыми внешними программами и оборудованием на основе общепризнанных открытых стандартов и протоколов передачи данных: текстовые документы, XML-документы, XDTO, DBF-файлы, внешнее соединение, Automation Client/ Server, HTML-документы, технология внешних компонентов, макеты ActiveDocument, веб-сервисы. В ГИС «АгроУправление» мониторинг состояния плодородия почв осуществляется путем ежегодных наземных обследований сельскохозяйственных угодий. Информация о состоянии плодородия почв, включая показатели, характеризующие их морфогенетические свойства, гранулометрический состав, кислотность, содержание гумуса, макро- и микроэлементов, тяжелых металлов и радионуклидов, степени эродированности (дефлированности), переувлажнения, заболачивания, засоления, опустынивания, каменистости, а также характеристики произрастающей на них растительности по геоботаническому составу, урожайности сельскохозяйственных культур, установленной при проведении наземных обследований, постепенно накапливается в государственном информационном ресурсе Краснодарского края [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что исследования по внедрению ГИС-технологий при оценке качественного состояния почв находятся в стадии активных методологических и нормативно-методических разработок. Опыт применения различных программных продуктов дает лишь базовую информацию, но не позволяет рассчитать показатели оценки качества почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко В. П. Анализ ГИС-технологий, применяемых в целях оптимизации использования и зонирования земель сельскохозяйственного назначения Краснодарского края/ В. П. Власенко, З. Р. Шеуджен // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – №71. – С. 62–67.
2. Материалы портала «научная Россия» Электронное периодическое издание «Научная Россия». Почвенный институт РАН: о Едином реестре и новых разработках; URL: <https://scientificrussia.ru/articles/uchenye-ran-sostavili-reestr-pochvennyh-resursov-gossi> (дата обращения: 26.10.2017).
3. Власенко, В. П. Деграционные процессы в почвах Краснодарского края и методы их регулирования: монография / В. П. Власенко, В. И. Терпелец. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 204 с.
4. Власенко, В. П. Деграционные процессы в почвенном покрове и их влияние на оценку качества земель. Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 34. – С. 142–143.
5. Козубенко И. С. Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Краснодарского края / М. А. Белсуновский, И. С. Козубенко // Научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации «Геопрофи». 2011. №2. С. 51-54 // [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.geoprofi.ru/issues/5348>.

УДК 631.42

СОВРЕМЕННОЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ МСТИСЛАВСКОГО РАЙОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. И. ШИБУТ, канд. с.-х. наук,

Т. Н. АЗАРЕНКО, О. В. МАТЫЧЕНКОВА, С. В. ШУЛЬГИНА, Д. В. МАТЫЧЕНКОВ, канд. с.-х. наук, доценты,

С. В. ДЫДЫШКО, аспирант,

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,

г. Минск, Республика Беларусь

Важным направлением в развитии агропочвенной науки на современном этапе является разработка путей и способов рационального использования почвенных ресурсов и реализации созданного к настоящему времени уровня их плодородия. Одним из таких способов является тщательный учет почвенных условий при размещении сельскохозяйственных культур по полям и участкам, при формировании севооборотов и структуры посевных площадей. Как показывает практика, успешное ведение сельского хозяйства невозможно без знания состава и свойств почв, их

пригодности для возделывания различных культур. Наиболее важными характеристиками, определяющими плодородие почв в условиях Беларуси, являются их генетические особенности: тип почв, увлажнение, гранулометрический состав, а также другие факторы, влияющие на урожайность (эродированность, агрохимические свойства, климатические характеристики).

Среди типов почв в составе пахотных земель района преобладают дерново-подзолистые (61,1 %) и дерново-подзолистые заболоченные (37,9 %) почвы [1]. В естественном состоянии они обладают невысоким плодородием, так как имеют кислую реакцию почвенного раствора, весьма низкое содержание обменных оснований, небольшую емкость поглощения, низкое содержание гумуса и основных элементов питания растений. Тем не менее после окультуривания и улучшения агрохимических показателей они способны обеспечить получение хороших урожаев различных сельскохозяйственных культур. Другие типы почв (дерново-карбонатные, дерновые заболоченные, в том числе и пойменные, а также торфяные) на территории района не получили широкого распространения. Вместе они занимают только около 1 % пахотных земель. Поэтому существенного влияния на сельскохозяйственное производство не оказывают.

По увлажнению почвы района делятся на три группы: автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные. Преобладают в районе автоморфные почвы (почвы нормального увлажнения), которые составляют 61,2 %. Заболоченные минеральные почвы (полугидроморфные) занимают 38,6 % пашни. Среди них наибольшие площади занимают слабogleеватые (временно избыточно увлажненные) – 31,6 %, глееватые составляют 6,1 %, а глеевые – 0,9 %. Гидроморфные (торфяные) почвы занимают небольшие площади (всего 0,2 %). Слабogleеватые почвы могут использоваться для возделывания основных сельскохозяйственных культур, хотя в отдельные годы снижение урожайности на них может достигать 5–10 %. Глееватые и глеевые, а также торфяные почвы не могут эффективно использоваться в сельскохозяйственном производстве без регулирования водно-воздушного режима (без осушительной мелиорации). Всего переувлажненных почв (полугидроморфных и гидроморфных) в районе 38,8 %. Избыточное увлажнение в районе проявляется на фоне сравнительно тяжелого гранулометрического состава почв, что часто не позволяет выполнять полевые работы в оптимальные сроки.

Качественное состояние сельскохозяйственных земель определяется не только типовой принадлежностью и увлажнением, но и гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород. На территории района встречаются суглинистые, супесчаные и песчаные почвы, которые в пределах почвенного профиля обычно подстилаются суглинками или песками. Среди минеральных почв более высоким плодородием отличаются суглинистые почвы, которые обладают довольно устойчивым водным режимом и характеризуются сравнительно большими запасами питательных веществ. При внесении достаточного количества удобрений и проведении известкования они способны обеспечить получение высоких урожаев всех сельскохозяйственных культур, в том числе и высокотребовательных к условиям произрастания (пшеница, ячмень, тритикале, лен, рапс, клевер и др.). Эти почвы преобладают в составе пахотных земель района и занимают 89,4 % их территории.

На долю супесчаных почв приходится 9,7 % пахотных земель. По уровню плодородия они оцениваются несколько ниже суглинистых. В зависимости от содержания физической глины супесчаные почвы подразделяются на связносупесчаные (6,5 %) и рыхлосупесчаные (3,2 %), а по подстилке: на подстилаемые суглинком с глубины до 1 м (6,3 %) и подстилаемые песком с глубины до 1 м (3,4 %). Плодородие супесчаных почв в значительной мере зависит от подстилающей породы. Подстилка супесчаных почв на небольшой глубине моренными суглинками способствует накоплению продуктивной влаги в верхней части почвенного профиля и улучшению их плодородия, а подстилка песком – к снижению. Среди супесчаных почв наиболее плодородными являются связносупесчаные, подстилаемые суглинком. Такие почвы в районе занимают 4,4 % пахотных земель.

Песчаные почвы имеют самый низкий уровень естественного плодородия, так как характеризуются малой влагоемкостью, высокой водопроницаемостью и небольшими запасами питательных веществ. Однако занимают они в районе небольшие площади – всего лишь 0,7 % пахотных земель.

Природные условия района (холмистый рельеф, достаточное количество осадков, наличие больших площадей лессовых и лессовидных почвообразующих пород, хорошо поддающихся эрозии) способствуют широкому развитию эрозионных процессов на территории района. Всего плоскостной (водной) эрозией охвачено 60,6 % пахотных земель, из них смытые почвы составляют 46,6 %, намывные – 14,0 %. Смытые почвы в свою очередь подразделяются на слабосмытые (27,9 %), среднесмытые (17,7 %) и сильносмытые (1,0 %). Широкое распространение эродированных почв требует соблюдения противоэрозионных мероприятий и создает дополнительные трудности при размещении посевов сельскохозяйственных культур (особенно пропашных) по полям и участкам.

Агрохимические свойства почв также являются важной составляющей их плодородия. Средневзвешенные показатели основных агрохимических свойств пахотных земель по материалам

13 тура агрохимического обследования (2016 г.) по району следующие: кислотность (рН в KCl) – 5,96, содержание подвижных фосфора (P_2O_5) – 209 мг/кг и калия (K_2O) – 249 мг/кг, гумуса – 1,97 % [2]. По хозяйствам наблюдаются значительные колебания агрохимических свойств почв. Некоторые из них ниже оптимальных параметров (за исключением калия), которые необходимы для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Особенно следует отметить низкое содержание гумуса в почвах района, что связано в первую очередь с большими площадями эродированных почв.

Обобщающим показателем качественного состояния почв района, который учитывает все факторы, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур (почвенные, агротехнические, климатические), является балл плодородия почв. По материалам второго тура кадастровой оценки плодородия почв пахотных земель в целом по району оценивается в 30,8 балла, что соответственно на 0,9 балла ниже, чем в среднем по Могилевской области (31,7) и на 1,2 бала ниже, чем в среднем по республике (32 балла) [3]. По хозяйствам балльная оценка пахотных земель колеблется от 34,4 балла в ОАО «Заболотье-агростандарт» (самый высокий балл) до 27,7 балла в ОАО «Знамя труда» (самый низкий балл в районе). В настоящее время Мстиславский район по плодородию почв пахотных земель размещается на 13 месте среди 21 района Могилевской области. Максимальным баллом в области оценены пахотные земли Круглянского района (38,1), а минимальным – Климовичского (26,0 балла).

Приведенные данные дают общее представление о почвах, что необходимо для планирования размеров посевных площадей в масштабах всего района. При размещении сельскохозяйственных культур по полям необходимо использовать материалы почвенного и агрохимического обследования, а также кадастровой оценки земель по хозяйствам, в которых имеются все необходимые данные о почвах, их плодородии, пригодности под различные культуры по рабочим и даже элементарным участкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие; под ред. Г. И. Кузнецова, Н. И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
2. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013-2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
3. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / Г. М. Мороз [и др.]; под ред. Г. М. Мороза и В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.

УДК 631.95:633.2

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ФТОРОМ НА СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В НАДЗЕМНОЙ МАССЕ ФАЦЕЛИИ И В ПЕРВОМ УКОСЕ ЛЮЦЕРНЫ

Р. П. ШОСТЕК, д-р инж.,
Варминско-Мазурский университет в Олыштыне,
г. Олыштын, Республика Польша,
З. ЦЕЦЬКО, профессор д-р габ.,
Высшая школа экологии и управления в Варшаве,
г. Варшава, Республика Польша

Среди многих токсичных веществ, попадающих в естественную среду в результате деятельности человека, надо отметить соединения фтора [1]. Фтор относится к элементам, широко распространенным в естественной среде, он занимает 13 место по количеству в земной коре. Источником этого элемента в окружающей среде являются естественные минералы, в частности, флюорит, апатит, мусковит и биотит [2]. В естественную среду он также попадает в результате процессов выветривания горных пород и вымывания атмосферными осадками [3]. Присутствие фтора в атмосфере связано также с его естественной эмиссией, происходящей во время извержения вулканов и при испарении с поверхности морей и океанов [4]. Основным источником антропогенного загрязнения почвы фтором является его эмиссия при производстве фосфорных удобрений, алюминия, стали, стекла, керамики, а также эмиссия газов теплоэлектроцентралями и домашними печами [5]. В результате промышленной деятельности в атмосферу попадает значительное количество летучих соединений фтора, которые затем с атмосферными осадками оседают на поверхности почвы и проникают внутрь, становясь значимым источником фтора для растений, животных и людей [6]. Фтор в следовых количествах необходим для правильного развития живых организмов. Среди всех микроэлементов фтор отличается наименьшим пределом безопасности и дозой, при превышении которой появляются результаты его вредного действия [7].

Проводимые до настоящего времени исследования по влиянию фтора на растения касались, главным образом, непосредственного влияния этого элемента на их внешний вид, урожайность и химический состав. При определении химического состава растений обычно рассматривали общее содержание отдельных элементов, итак в отношении азота прежде всего определяли содержание общего белка, а на анализ его качества обращали меньшее внимание.

Целью настоящих исследований было определить влияние загрязнения почвы фтором на содержание аминокислот в надземной массе фацелии и первого укоса люцерны.

В условиях вегетационных опытов, проведенных в 2010 году на фацелии и в 2011 году на люцерне посевной в вегетационном домике Варминско-Мазурского университета в Ольштыне (Польша), исследовали влияние загрязнения почвы фтором на аминокислотный состав надземной массы обеих культур. В опытах использовали почву из пахотного слоя, имеющую гранулометрический состав супеси. Загрязнение почвы фтором в опыте на фацелии составляло: 0, 100, 200 и 300 мг F·кг⁻¹ почвы. Для люцерны, культуры более чувствительной к загрязнению почвы фтором, дозы этого ксенобиотика были наполовину меньше, составляя: 0, 50, 100 и 150 мг F·кг⁻¹ почвы. Исследования охватывали фацелию сорта Натра и люцерну посевную сорта Беда. Почву загрязняли фтором путем добавления к ней фтористого калия при закладке опытов. Аминокислотный состав белка определяли хроматографическим методом с помощью анализатора AAA 400. Определили 10 экзогенных аминокислот: аргинин, фенилаланин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, тирозин и валин, а также 7 эндогенных аминокислот: аланин, цистин, глицин, аспарагиновую кислоту, глутаминовую кислоту, пролин и серин. Питательную ценность белка определяли по ЕАА-индексу (Oser) сравнивая его с белком куриного яйца. При оценке питательной ценности белка учитывали содержание исследуемых экзогенных аминокислот.

Надземная масса фацелии.

В опыте на фацелии констатировали, что возрастающее загрязнение почвы фтором отрицательно влияло на содержание экзогенных аминокислот в общем белке этой культуры. Под влиянием возрастающего загрязнения почвы фтором отметили постепенное снижение содержания исследуемых экзогенных аминокислот (табл. 1).

Таблица 1. Влияние загрязнения почвы фтором на содержание аминокислот в надземной массе фацелии

Аминокислоты	Доза фтора в мг F·кг ⁻¹ почвы									
	0	100	200	300	г	0	100	200	300	г
	в г·кг ⁻¹ сухого вещества					в г·100 г ⁻¹ общего белка (16 г N)				
Экзогенные										
Аргинин	8,62	8,44	7,80	7,42	-0,98**	4,43	4,08	3,74	3,52	-0,99**
Фенилаланин	7,50	8,75	7,04	6,90	-0,54	3,86	4,23	3,37	3,28	-0,76**
Гистидин	3,96	4,18	3,95	3,68	-0,67*	2,04	2,02	1,89	1,75	-0,96**
Изолейцин	6,09	6,19	5,57	5,34	-0,91**	3,13	2,99	2,67	2,54	-0,98**
Лейцин	12,42	12,49	11,37	10,96	-0,93**	6,39	6,04	5,45	5,20	-0,99**
Лизин	8,12	7,92	7,56	6,89	-0,97**	4,18	3,83	3,62	3,27	-1,00**
Метионин	2,00	1,80	1,49	1,43	-0,97**	1,03	0,87	0,71	0,68	-0,97**
Треонин	7,35	7,42	6,72	6,16	-0,93**	3,78	3,59	3,22	2,92	-0,99**
Тирозин	4,81	4,85	4,91	5,16	0,91**	2,47	2,34	2,35	2,45	-0,10
Валин	8,14	8,27	7,59	7,07	-0,91**	4,19	4,00	3,64	3,36	-0,99**
Сумма экз. амин.•	69,01	70,31	64,00	61,01	—	35,50	33,99	30,66	28,97	—
Эндогенные										
Аланин	9,23	9,35	8,33	8,1	-0,90**	4,75	4,52	3,99	3,85	-0,98**
Цистин	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Глицин	8,32	8,66	7,74	7,39	-0,84**	4,28	4,19	3,71	3,51	-0,97**
Аспарагиновая кислота	15,25	15,69	14,1	13,73	-0,86**	7,85	7,58	6,75	6,52	-0,97**
Глутаминовая кислота	21,97	23,2	18,89	18,07	-0,85**	11,30	11,21	9,05	8,58	-0,94**
Пролин	8,80	9,18	9,96	9,42	0,70*	4,53	4,44	4,77	4,47	0,13
Серин	7,83	7,99	7,24	6,66	-0,91**	4,03	3,86	3,47	3,16	-0,99**
Сумма энд. амин.♦♦	71,41	74,08	66,27	63,38	—	36,74	35,81	31,75	30,09	—
Общая сумма амин.	140,42	144,39	130,27	124,39	—	72,24	69,80	62,40	59,06	—

♦ – сумма экзогенных аминокислот; ♦♦ – сумма эндогенных аминокислот; * – корреляция значимая p< 0,05;

** – корреляция высокозначимая p< 0,01.

Сумма экзогенных аминокислот в пересчете на 100 г общего белка (16 г N) колебалась в пределах от 28,97 г в варианте с загрязнением 300 мг F·кг⁻¹ почвы до 35,50 г в контрольном варианте. Влияние возрастающего загрязнения почвы фтором способствовало постепенному снижению содержания аргинина, гистидина, изолейцина, лейцина, лизина, метионина, треонина и валина. В отношении фенилаланина только наименьшая доза фтора способствовала росту содержания этой аминокислоты. Увеличение загрязнения почвы фтором путем внесения средней и наибольшей доз фтора способствовало снижению содержания фенилаланина соответственно на 13 и 15 % по сравнению с контрольным вариантом. В отношении тирозина отметили снижение содержания этой аминокислоты при загрязнении, составлявшем 100 и 200 мг F·кг⁻¹ почвы, а при самой высокой дозе фтора наблюдался рост содержания тирозина до уровня, близкого контрольному варианту. В общем

наибольшее снижение содержания экзогенных аминокислот отметили в варианте с наибольшей дозой фтора. Оно в среднем составляло 18 % по сравнению с вариантом, не загрязненным фтором.

Сумма исследуемых экзогенных аминокислот в пересчете на 1 кг сухого вещества колебалась в пределах от 61,01 в варианте с наибольшей дозой фтора, то есть 300 мг F·кг⁻¹ почвы, до 70,31 г·кг⁻¹ сухого вещества в варианте с дозой 100 мг F·кг⁻¹ почвы (табл. 1). Из полученных данных следует, что только наименьшая доза фтора положительно влияла на содержание исследуемых аминокислот в надземной массе фацелии. Увеличение загрязнения почвы фтором путем внесения средней и наибольшей доз фтора способствовало снижению содержания исследуемых аминокислот соответственно на 7 и 12 % по сравнению с контрольным вариантом. По мере роста загрязнения почвы фтором постепенно уменьшалось содержание аргинина, лизина и метионина. В отношении фенилаланина, гистидина, изолейцина, лейцина, треонина и валина только наименьшая доза фтора, составлявшая 100 мг F·кг⁻¹ почвы, положительно влияла на содержание этих аминокислот. Возрастающее загрязнение почвы фтором влияло положительно только на содержание тирозина.

Сумма эндогенных аминокислот в пересчете на 100 г общего белка (16 г N) фацелии составляла от 30,09 г в варианте с загрязнением 300 мг F·кг⁻¹ почвы до 36,74 г в контрольном варианте (табл. 1). Из полученных данных следует, что все уровни загрязнения почвы фтором отрицательно влияли на содержание эндогенных аминокислот. Возрастающее загрязнение почвы фтором способствовало постепенному снижению содержания аланина, глицина, аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты и серина. В отношении цистина и пролина изменение содержания этих аминокислот имело характер близкий параболическому или не было направленным.

Наибольшую сумму содержания эндогенных аминокислот в пересчете на 1 кг сухого вещества фацелии отметили в варианте с загрязнением 100 мг F·кг⁻¹ почвы. Увеличение загрязнения почвы фтором путем внесения средней и наибольшей доз фтора вызвало снижение содержания исследуемых эндогенных аминокислот соответственно на 7 и 11 % по сравнению с вариантом без загрязнения фтором. Обобщая полученные результаты, можно констатировать, что только наименьшая доза фтора положительно влияла на содержание всех исследуемых аминокислот в надземной массе фацелии. Повышение содержания исследуемых аминокислот в этом варианте по сравнению с контрольным вариантом составило 3 %.

Средняя питательная ценность общего белка надземной массы фацелии, определенная на основании содержания экзогенных аминокислот, колебалась от 50 в варианте с наибольшей дозой фтора до 61 в контрольном варианте (рис. 1). Из представленных данных следует, что все дозы фтора оказывали, в общем, отрицательное влияние на питательную ценность белка фацелии, причем наибольшее снижение отметили в варианте, загрязненном самой высокой дозой фтора.

Надземная масса первого укоса люцерны.

Влияние возрастающего загрязнения почвы фтором оказывало значительное влияние на содержание экзогенных и эндогенных аминокислот в надземной массе первого укоса люцерны (табл. 2).

Таблица 2. Влияние загрязнения почвы фтором на содержание аминокислот в надземной массе первого укоса люцерны посевной

Аминокислоты	Доза фтора в мг F·кг ⁻¹ почвы									
	0	50	100	150	г	0	50	100	150	г
	в г·кг ⁻¹ сухого вещества					в г·100 г ⁻¹ общего белка (16 г N)				
Экзогенные										
Аргинин	6,15	6,41	7,16	7,00	0,89**	3,90	3,74	4,12	3,96	0,46
Фенилаланин	5,96	6,06	6,56	6,55	0,92**	3,78	3,54	3,78	3,70	0,00
Гистидин	3,64	3,87	4,12	4,18	0,97**	2,31	2,26	2,37	2,36	0,66*
Изолейцин	4,47	4,49	5,03	5,02	0,90**	2,84	2,62	2,89	2,84	0,29
Лейцин	8,73	8,95	9,70	9,75	0,95**	5,54	5,23	5,58	5,51	0,21
Лизин	6,53	6,94	7,60	7,40	0,88**	4,15	4,05	4,37	4,18	0,40
Метионин	0,64	0,79	0,87	0,52	-0,23	0,41	0,46	0,50	0,29	-0,45
Треонин	5,56	5,60	5,93	5,88	0,88**	3,53	3,27	3,41	3,32	-0,55
Тирозин	4,50	4,58	5,12	5,04	0,88**	2,86	2,67	2,95	2,85	0,28
Валин	5,83	5,98	6,40	6,43	0,95**	3,70	3,49	3,68	3,64	0,01
Сумма экз. амин. •	52,01	53,67	58,49	57,77	—	33,02	31,34	33,66	32,66	—
Эндогенные										
Аланин	6,18	6,39	6,94	6,96	0,95**	3,92	3,73	3,99	3,93	0,33
Цистин	0,19	0,22	0,28	0,25	0,80**	0,12	0,13	0,16	0,14	0,68*
Глицин	6,18	6,26	6,71	6,73	0,93**	3,92	3,66	3,86	3,80	-0,19
Аспарагиновая кислота	11,53	12,08	13,76	13,87	0,95**	7,32	7,05	7,92	7,84	0,75**
Глутаминовая кислота	11,56	11,55	11,56	11,93	0,77**	7,34	6,74	6,65	6,74	-0,77**
Пролин	8,79	9,57	9,93	8,79	0,08	5,58	5,59	5,72	4,97	-0,65*
Серин	5,83	5,90	6,15	6,02	0,75**	3,70	3,45	3,54	3,40	-0,79**
Сумма энд. амин. ••	50,26	51,97	55,33	54,55	—	31,91	30,35	31,84	30,84	—
Общая сумма амин.	102,20	105,60	113,82	112,32	—	64,93	61,69	65,51	63,50	—

• – сумма экзогенных аминокислот; •• – сумма эндогенных аминокислот; * – корреляция значимая $p < 0,05$;

** – корреляция высокозначимая $p < 0,01$

Сумма экзогенных аминокислот в пересчете на 100 г общего белка (16 г N) составляла от 31,4 г в варианте с наименьшей дозой фтора до 32,66 г в варианте с загрязнением 150 мг F·кг⁻¹ почвы. Из сопоставления данных следует, что наименьшая и наибольшая дозы фтора, то есть 50 и 150 мг F·кг⁻¹ почвы оказывали, в общем, отрицательное влияние на содержание экзогенных аминокислот в общем белке надземной массы люцерны посевной. Наибольшее снижение содержания этих аминокислот по сравнению с контрольным вариантом отметили в варианте с наименьшей дозой фтора, в котором оно составляло 5 %. Возрастающее загрязнение почвы фтором положительно коррелировало с содержанием аргинина, гистидина, изолейцина, лизина и тирозина. Обратную зависимость, то есть снижение содержания при росте доз фтора, отметили в отношении метионина и, частично, треонина. В отношении фенилаланина и валина изменение содержания не было дифференцированным, либо не было направленным. При этом следует отметить, что наибольшее содержание исследуемых аминокислот отметили в вариантах со средней дозой фтора, то есть 100 мг F·кг⁻¹ почвы. В отношении суммы экзогенных аминокислот рост их содержания в этом варианте по сравнению с вариантом с почвой, не загрязненной фтором, составил 2 %.

Содержание экзогенных аминокислот в сухом веществе люцерны посевной не совпадало с их содержанием в белке (табл. 2). Сумма исследуемых экзогенных аминокислот в пересчете на 1 кг сухого вещества составляла от 52,01 в контрольном варианте до 58,49 г·кг⁻¹ сухого вещества в варианте со средней дозой фтора, то есть 100 мг F·кг⁻¹ почвы. Растущее загрязнение почвы фтором способствовало увеличению содержания аргинина, фенилаланина, гистидина, изолейцина, лейцина, лизина, треонина, тирозина и валина. В отношении метионина увеличение содержания наблюдали до дозы 100 мг F·кг⁻¹ почвы. Рост загрязнения почвы фтором путем внесения наибольшей дозы этого элемента привело к снижению содержания этой аминокислоты на 19 % по сравнению с вариантом с почвой, не загрязненной фтором.

Сумма эндогенных аминокислот в пересчете на 100 г общего белка (16 г N) в зависимости от уровня загрязнения почвы фтором колебалась в пределах от 30,35 г в варианте с наименьшей дозой фтора до 31,91 г в контрольном варианте. Итак, возрастающее загрязнение почвы фтором отрицательно влияло на содержание эндогенных аминокислот в общем белке надземной массы люцерны посевной. Наибольшее снижение содержания исследуемых аминокислот отметили в варианте с наименьшей дозой фтора, оно составляло 5 % по сравнению с контрольным вариантом. Статистические расчеты показали наличие отрицательной корреляции между возрастающим загрязнением почвы фтором и содержанием глицина, глутаминовой кислоты, пролина и серина. Обратную зависимость отметили в отношении аланина, цистина и аспарагиновой кислоты.

Наибольшую сумму эндогенных аминокислот в пересчете на сухое вещество люцерны отметили в варианте с загрязнением средней дозой фтора, то есть 100 мг F·кг⁻¹ почвы (табл. 2). Увеличение содержания исследуемых аминокислот в этом варианте по сравнению с контрольным составило 10 %. Это касалось содержания всех рассматриваемых эндогенных аминокислот в надземной массе люцерны посевной.

Обобщая полученные результаты следует отметить, что сумма всех исследуемых аминокислот в пересчете на 1 кг сухого вещества люцерны была наибольшей в варианте со средней дозой фтора, то есть 100 мг F·кг⁻¹ почвы (табл. 2). В общем, все дозы фтора способствовали росту содержания суммы аминокислот в надземной массе люцерны посевной в пределах от 3 до 11 % по сравнению с контрольным вариантом.

Средняя питательная ценность белка зеленой массы люцерны составляла от 53 в варианте с наименьшим загрязнением почвы фтором до 56 в варианте с дозой 100 мг F·кг⁻¹ почвы (рисунок). Полученные результаты показывают, что только средняя доза фтора способствовала повышению питательной ценности белка надземной массы люцерны посевной.

В опыте на фацелии загрязнение почвы фтором преимущественно приводило к снижению суммы исследуемых экзогенных и эндогенных аминокислот в надземной массе этой культуры. Такая зависимость была отмечена как в пересчете на 100 г общего белка, так и на 1 кг сухого вещества. Максимальное снижение их общего содержания составило 18 % в общем белке и 11 % в сухом веществе.

Возрастающие дозы загрязнения почвы фтором вызывали постепенное снижение питательной ценности белка фацелии от 61 до 50.

Люцерна посевная (первый укос) оказалась более терпимой к загрязнению почвы фтором, хотя здесь надо подчеркнуть, что в отношении данной культуры загрязнение почвы фтором было наполовину меньше. Загрязнение почвы фтором от 50 до 150 мг F·кг⁻¹ почвы в незначительной степени влияло на сумму исследуемых экзогенных и эндогенных аминокислот.

При среднем загрязнении почвы фтором, составлявшем $100 \text{ мг F} \cdot \text{кг}^{-1}$ почвы, питательная ценность белка повысилась до 56 по сравнению с контрольным вариантом, где она составляла 54.

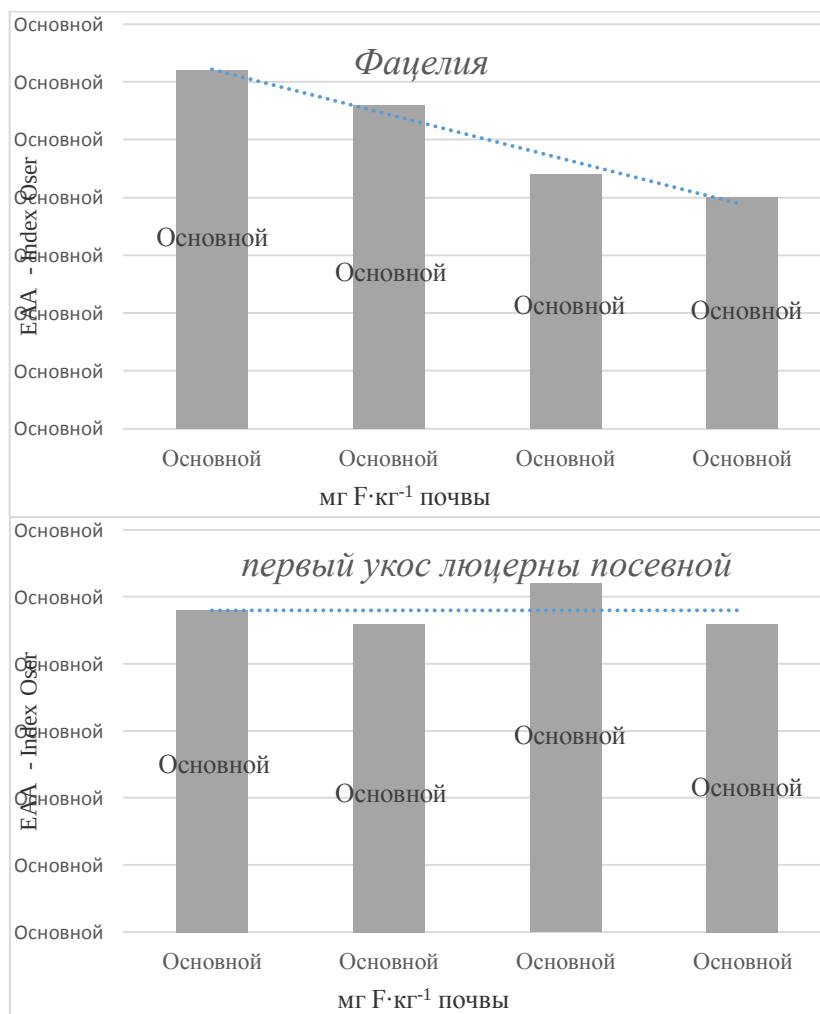


Рис. Питательная ценность белка надземной массы фацелии и первого укоса люцерны посевной

ЛИТЕРАТУРА

1. Reddy P. M., Kaur M. Sodium fluoride induced growth and metabolic changes in *Salicornia brachiata* Roxb. *Water Air Soil Pollution*. – 2008, 188, 171–179.
2. Kinnunen H., Holopainen T., Raisanen L. M., Karenlampi L. Fluoride in birch leaves, ground vegetation, litter and humus in the surroundings of a fertilizer plant and apatite mine in Siilinjärvi, eastern Finland. *Boreal Environment Research* 2003, 8, 185–192.
3. Smolik B., Telesiński A., Szymczak J., Zakrzewska H. Ocena przydatności humusu w ograniczeniu zawartości formy rozpuszczalnej fluoru w glebie. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2011, 49, 202–208.
4. Kabata - Pendias A., Pendias H. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN w Warszawie, 1999.
5. Badora A., Filipek T., Kaczor A., Krawiec Z. *Podstawy i skutki chemizacji agroekosystemów*, Redakcja – T. Filipek. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 2002.
6. Sawilska - Rautenstrauch D., Jędra M., Fonberg - Broczek M., Radowski P., Urbanek - Karłowska B. Fluor w warzywach i ziemniakach z rynku warszawskiego. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 1998, 49, 341–346.
7. Gramowska H., Siepak J. Wpływ poziomu fluorków na reakcję liści i igieł drzew miasta Poznania i okolic. *Roczniki Ochrony Środowiska*, 2002, 4, 455–478.

ПОКАЗАТЕЛИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПЛОДородия ПОЧВ БЕЛАРУСИ

С. В. ШУЛЬГИНА, канд. с.-х. наук, доцент,
 Т. Н. АЗАРЕНОК, канд. с.-х. наук, доцент,
 О. В. МАТЫЧЕНКОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
 Л. И. ШИБУТ, канд. с.-х. наук,
 Д. В. МАТЫЧЕНКОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
 РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси,
 г. Минск, Республика Беларусь

Полевое исследование и картографирование почвенного покрова земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств Беларуси проводится в М 1:10 000 и предусматривает выделение почвенных контуров на уровне разновидности. В свою очередь детальное отображение многообразного компонентного состава земель сельскохозяйственных предприятий и частных (фермерских) хозяйств республики на картографической основе потребует учета видового уровня классификационной принадлежности почв в условиях интенсивного антропогенного преобразования, а именно, мощности пахотного (гумусово-аккумулятивного) горизонта, плотности, содержания гумуса. Сочетание показателей отражает запасы гумуса, которые наряду с генезисом и гранулометрическим составом почвообразующих пород являются основой генетического потенциала плодородия почв республики. Установление изменений их количественных величин во времени позволит оценить работу землепользователей с почвой в долгосрочном цикле, определить разные виды стоимостной оценки земельных участков [1], установить субсидии, штрафы в зависимости от степени и направленности преобразований состава и свойств компонентов почвенного покрова. Именно эти характеристики определяют основные свойства, режимы, производительную способность автоморфных дерново-подзолистых почв [2–6]. На основе созданного банка данных генетического потенциала почв республики установлены запасы гумуса в 0–50 см слое дерново-подзолистых почв пахотных и лесных земель, сформировавшихся на породах различного генезиса и гранулометрического состава (табл. 1–3).

В ряду лесных дерново-подзолистых почв по запасам гумуса выгодно выделяются разновидности на моренных песках – $78,01 \pm 17,49$ т/га. Равновеликие значения показателя на лессовидных суглинистых ($59,76 \pm 13,86$ т/га), лессовидных супесчаных ($61,92 \pm 32,35$ т/га), моренных супесчаных ($58,22 \pm 16,94$ т/га), водно-ледниковых связносупесчаных ($56,82 \pm 18,27$ т/га) породах. Следующая группа объединяет водно-ледниковые супеси ($51,13 \pm 20,53$ т/га) и водно-ледниковые пески ($48,90 \pm 16,50$ т/га). Завершают ряд почвы на древнеаллювиальных песчаных отложениях, отличающихся низкими запасами ($22,15 \pm 8,61$ т/га).

Таблица 1. Запасы гумуса (т/га) в слое 0–50 см лесных дерново-подзолистых почв различного генезиса и гранулометрического состава

Генезис почвообразующей породы	Гранулометрический состав		
	Суглинистые	Супесчаные	Песчаные
Моренные	$\frac{52,10 \pm 11,17}{13}$	$\frac{58,22 \pm 16,94}{12}$	$\frac{78,01 \pm 17,49}{7}$
Лессовидные	$\frac{59,76 \pm 13,86}{13}$	$\frac{61,92 \pm 32,35}{14}$	–
Водно-ледниковые	–	$\frac{51,13 \pm 20,53}{84}$	$\frac{48,90 \pm 16,50}{53}$
Древне-аллювиальные	–	–	$\frac{22,15 \pm 8,61}{9}$
Всего	$\frac{57,93 \pm 14,02}{26}$	$\frac{53,28 \pm 22,15}{110}$	$\frac{48,36 \pm 20,63}{69}$

Примечание: над чертой – среднестатистическое значение показателя, под чертой – количество данных.

Таблица 2. Запасы гумуса (т/га) в 0–50 см слое лесных дерново-подзолистых супесчаных почв на водно-ледниковых рыхлых и связных супесях

Генезис почвообразующей породы	Гранулометрический состав	
	Рыхлосупесчаные	Связносупесчаные
Водно-ледниковый	$\frac{49,58 \pm 20,97}{66}$	$\frac{56,82 \pm 18,27}{18}$

Интенсивное ведение сельского хозяйства на автоморфных почвах дерново-подзолистого типа различного генезиса и гранулометрического состава нивелирует резкие различия их свойств. Согласно результатам исследований (табл. 3) запасы гумуса в слабоокультуренных почвах на древнеаллювиальных отложениях возросли в 2 раза по сравнению с естественным потенциалом (соответственно 42,89 т/га и 22,15 т/га), на водно-ледниковых, моренных и лессовидных породах величина параметра уступает либо сохраняется на уровне таковой в лесных аналогах.

Таблица 3. Запасы гумуса (т/га) в 0–50 см слое дерново-подзолистых пахотных почв различного генезиса и гранулометрического состава

Генезис, гранулометрический состав почвообразующей породы	Слабо-окультуренные	Средне-окультуренные	Хорошо- и высоко-окультуренные
Песчаные			
Моренные	$\frac{45,77 \pm 5,49}{8}$	$\frac{63,93 \pm 9,01}{20}$	$\frac{86,78 \pm 13,26}{11}$
Водно-ледниковые	$\frac{45,76 \pm 6,59}{12}$	$\frac{63,55 \pm 7,80}{118}$	$\frac{88,90 \pm 12,07}{76}$
Древне-аллювиальные	$\frac{42,89 \pm 7,34}{16}$	$\frac{65,90 \pm 6,66}{12}$	$\frac{96,87 \pm 13,65}{8}$
Песчаные (всего)	$\frac{44,48 \pm 6,70}{36}$	$\frac{63,79 \pm 8,02}{150}$	$\frac{89,33 \pm 12,90}{95}$
Супесчаные			
Моренные	$\frac{44,70 \pm 6,42}{167}$	$\frac{60,42 \pm 6,80}{227}$	$\frac{77,93 \pm 6,60}{56}$
Озерно-ледниковые	$\frac{44,64 \pm 3,60}{23}$	$\frac{58,35 \pm 6,34}{83}$	$\frac{79,14 \pm 8,53}{19}$
Водно-ледниковые	$\frac{47,31 \pm 4,53}{93}$	$\frac{63,83 \pm 7,70}{117}$	$\frac{83,13 \pm 8,50}{23}$
Лессовидные	$\frac{45,84 \pm 6,50}{39}$	$\frac{62,80 \pm 8,45}{75}$	$\frac{82,80 \pm 6,72}{22}$
Супесчаные (всего)	$\frac{45,42 \pm 4,03}{322}$	$\frac{61,24 \pm 7,41}{502}$	$\frac{80,43 \pm 7,80}{120}$
Легкосуглинистые			
Лессовидные	$\frac{60,93 \pm 13,41}{60}$	$\frac{72,56 \pm 8,53}{102}$	$\frac{99,04 \pm 9,87}{52}$

В пределах же одной степени окультуренности почв пахотных земель практически не наблюдается зависимости запасов гумуса от генезиса почвообразующих пород. Так, в песчаных и супесчаных разновидностях среднестатистическая величина показателя в слое 0–50 см слабоокультуренных ариантов изменяется в интервале 42,89–47,31 т/га, среднеокультуренных – 58,35–65,90 т/га, при этом превышение запасов гумуса в этом ряду составляет 35–40 %. В хорошо- и высокоокультуренных аналогах проявляется та же тенденция синхронного роста величины параметра, среднестатистическое значение которого достигает в песчаных разновидностях 89,33 т/га, супесчаных 80,43 т/га, то есть имеет место значительный прирост по сравнению с исходным потенциалом – соответственно +85 % и +51 %, среднеокультуренными – +40 % и 31 %.

Результаты статистической обработки величины запасов гумуса в полуметровой толще окультуренных почв, сформировавшихся на лессовидных легких суглинках, позволяют отметить значительное их превосходство по этому параметру. Среднестатистические значения запасов гумуса в их слабоокультуренных вариантах (60,93 т/га) практически идентичны естественным аналогам (59,76 т/га). Рост степени окультуренности данных почв наглядно отражает величина показателя: в среднеокультуренных – 72,56 т/га, в хорошо- и высокоокультуренных – 99,04 т/га, в которых превышение по сравнению с предыдущими составляет +36 %, лесными – +66 %.

Таким образом, объективным мерилom генетического потенциала автоморфных почв дерново-подзолистого типа пахотных земель республики является сочетание взаимообусловленных количественных показателей, характеризующих запасы гумуса с учетом генезиса и гранулометрического состава почвообразующих пород в конкретных условиях влагообеспеченности и температурного режима. Использование этих показателей в целях пространственного отображения на картографической основе способствует отображению современных особенностей происходящих изменений почвенного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологические факторы стоимостной оценки земель / В. И. Савич [и др.]. – М.: РГАУ-МСХА, 2011. – 280 с.
2. Гранулометрический состав пахотных почв Беларуси и его влияние на их качественную оценку / Н. И. Смян [и др.] // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / БелНИИПА; редкол.: И. М. Богдевич (гл. ред.). – Минск, 2002. – Вып. 32. – С. 10–18.

3. Кулаковская, Т. Н. Почвно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.
4. Романова, Т. А. Агроценоз и плодородие почв / Т. А. Романова // Плодородие почв – уникальный природный ресурс – в нем будущее России: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию книги В.В. Докучаева «Русский чернозем», г. СПб., 26 фев. – 1 марта 2008 / СПбГУ; редкол.: Б. Ф. Апарин [и др.]. – СПб., 2008. – С. 102–103.
5. Смеян, Н. И. Зависимость урожая сельскохозяйственных культур от типовых различий почв и их гранулометрического состава / Н. И. Смеян, Л. И. Шибут // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / БелНИИПА; редкол.: И. М. Богдевич (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 1993. – Вып. 28. – С. 39–44.
6. Сравнительная характеристика гумусного состояния естественных дерново-подзолистых, агродерново-подзолистых почв и агроземов культурных песчаного гранулометрического состава / Г. С. Цытрон [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. агр. навук. – 2010. – № 2. – С. 45–50.

УДК 631.85

**УРОЖАЙНОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ
РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ В БЕССМЕННОМ ПОСЕВЕ**

Б. Е. АЛИМБЕКОВА, докторант,
НАО «Казахский национальный аграрный университет»,
г. Алматы, Казахстан

В данной статье проанализированы результаты полевых опытов по влиянию длительности применения фосфорных удобрений на урожай корнеплода сахарной свеклы при бессменном ее возделывании.

Высокие урожаи корней сахарной свеклы за 2018 год в среднем была на варианте с применением полуторных доз фосфорного удобрения. Улучшение условия фосфорного питания способствовало резкому увеличению урожайности корнеплодов до 503,3 и 561,3 ц/га, прибавки колебались в пределах 192,6–250,6 ц/га. Максимальные урожаи 561,3 ц/га корнеплодов сахарной свеклы обеспечило внесение полуторной дозы фосфорных удобрений на фоне НК, прибавка составило 250,6 ц/га.

Почва является неотъемлемым компонентом биосферы, выполняющим важнейшие экологические функции, которые в значительной мере зависят от степени ее окультуренности. Уровень почвенного плодородия определяет устойчивость и продуктивность фитоценозов, разнообразного и здорового животного мира. Поэтому рациональное использование почв и защита их от деградации является важнейшей задачей не только сельского хозяйства, но и государства в целом. Удобрения – мощное средство воздействия на экологические функции почвы, урожайность сельскохозяйственных культур, сохранение и расширенное воспроизводство почвенного плодородия.

Проблема фосфора в земледелии как по всей стране, так и в условиях Казахстана, является весьма актуальной и все еще недостаточно разработанной. Она включает в себя задачи познания форм фосфора в почвах, путей мобилизации его для усвоения растениями, а также изучение условий более рационального применения фосфорных удобрений [1].

При внесении фосфорных удобрений в нормах, превышающих объем выноса фосфора растениями выращиваемых культур, в почвах отмечается улучшение фосфатного режима питания, что обусловлено накоплением остаточных форм фосфатов. При достижении оптимального уровня их содержания, обеспечивающего получение максимального урожая возделываемых культур, прибавка урожая от дополнительно вносимых фосфатов резко снижается. Для оптимизации доз фосфорных удобрений необходимо знание уровня содержания подвижного фосфора и растворимых фракций минеральных фосфатов при которых могут быть достигнуты наибольшие урожаи возделываемых культур.

Уровень урожайности сельскохозяйственных культур является главным критерием оценки эффективности применения удобрений. Исследования, проведенные в течение длительного времени разными исследователями показывают, что продуктивность сельскохозяйственных культур определяется параметрами почвенного плодородия, метеоусловиями вегетационного периода и условиями их минерального питания [2].

Известно, что величина урожая сельскохозяйственных культур является основным критерием при оценке тех или иных агротехнических приемов, в том числе и применения удобрений.

Данные проблемы особенно актуальны в земледелии Казахстана в виду ограничений исследований с длительным применением фосфорных удобрений. Особую актуальность приобретают вопросы изучения уровня содержания фосфора в почве на продуктивность сахарной свеклы при бессменном ее возделывании в условиях орошения.

Ряд Казахстанских исследователей [3–4] считают, что на светло-каштановых почвах юга Казахстана в первом минимуме находится фосфор, в связи, с чем проявляется высокая эффективность именно фосфорных удобрений.

Научные исследования проводились на стационаре отдела агрохимии Казахского научно-исследовательского института земледелия, заложенного в 1961 году. Агротехника полевых опытов была общепринятой для данной зоны. В процессе роста развития сахарной свеклы в разрезе отдельных вариантах определялась динамика накопления сырой сухой массы и уровень урожайности по делянкам. В почвенных образцах определялись: валовый фосфор – методом МЕТА; подвижный фосфор по методике Б. П. Мачигина; в растительных образцах по Кьелдалу NPK. Содержание сахара полиметрическим методом. Размеры делянки – 216 м². Повторность опыта 4-кратная.

Научные исследования проводились на стационаре отдела агрохимии Казахского научно-исследовательского института земледелия, заложенного в 1961 году.

Схема данного опыта выглядела в следующем виде:

1. Контроль – б/у
2. NK – фон
3. NK+P
4. NK+1,5 P

Фосфорные удобрения вносили в формах простого и двойного суперфосфата, азотные – аммиачная селитра и мочевины, калийные – хлористая калия и калийная соль. В качестве одинарной нормы на поле бессменной сахарной свеклы вносились $N_{34,5}$; P_{46} ; K_{70} .

Положительное влияние фосфорного удобрения на формирование урожая сахарной свеклы было очевидным и величина прироста урожая, в основном, зависела от длительности и интенсивности его применения.

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства в условиях интенсивной химизации земледелия важное значение приобретает познание основных закономерностей и формирования почвенного плодородия при систематическом применении удобрений. Особенно остро этот вопрос стоит в отношении фосфатного фонда почвы при длительном и интенсивном применении фосфорных удобрений.

Выращивание сахарной свеклы – очень трудоёмкий и, зачастую, невыгодный процесс. Сахарная свекла обладает высочайшей продуктивностью, т. к. каждый клубень содержит много сахарозы.

Экспериментальные данные влияния условий фосфорного питания в зависимости от места сахарной свеклы при бессменном ее возделывании представлены в таблице.

Из данных таблицы видно, что величина урожая корней сахарной свеклы за 2018 год в среднем была на варианте с применением полуторных доз фосфорного удобрения. Улучшение условия фосфорного питания способствовало резкому увеличению урожайности корнеплодов до 503,3 и 561,3 ц/га, прибавки колебались в пределах 192,6–250,6 ц/га. Максимальные урожаи 561,3 ц/га корнеплодов сахарной свеклы обеспечило внесение полуторной дозы фосфорных удобрений на фоне NK, прибавка составило 250,6 ц/га.

Влияние фосфатного фонда почв на урожайность сахарной свеклы при бессменном ее возделывании (2018 год)

№	Варианты опыта	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
1	Контроль (б/у)	310,7	–
2	NK – фон	326,7	16,0
3	NK+P ₁ (одинарная доза)	503,3	192,6
4	NK+P _{1,5} (полуторная доза)	561,3	250,6

Таким образом, максимальные урожаи корнеплодов сахарной свеклы порядка 550–560 ц/га на бессменных посевах обеспечиваются при внесении полуторной дозы фосфорных удобрений на фоне NK (561,3 ц/га).



Рис. 1. Корнеплод сахарной свеклы по вариантам опыта во время уборки

Следует отметить из рис. 1, что корнеплод сахарной свеклы намного больше именно на варианте с полуторной дозы фосфорных удобрений. Отсюда и можно понять, что систематическое применение фосфорных удобрений способствует существенному повышению урожайности сахарной свеклы.

Результаты наших исследований показывают, что как систематическое исключение фосфора из состава полной смеси удобрений, так и возделывание сахарной свеклы без удобрений приводят к не-

добору почти половины урожая по сравнению с вариантами, удобренных полной смесью (NPK) удобрений.

На основании результатов исследований по изучению влияния длительного и интенсивного применения фосфорных удобрений на урожай и качество сахарной свеклы, следует отметить, что внесение фосфорных удобрений в бессменном посеве является основным фактором повышения продуктивности сахарной свеклы.

Наиболее оптимальные условия фосфорного питания свекловичного растения в бессменном посеве обеспечены при внесении: полуторной дозы фосфорных удобрений.

Максимальная урожайность корнеплодов в бессменном посеве 561,3 ц/га получена при применении полуторной нормы фосфорного удобрения. На варианте с одинарной нормой получена также высокая урожайность корнеплодов (503,3), а на контроле и НК вариантах от 310,7 до 326,7,6 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, А. И. Фосфатный режим и превращение фосфорных удобрений в орошаемых светлых сероземах предгорной равнины Заилийского Алатау тема диссертации и автореферата по ВАК 06.01.04 к.б.н. – Алма-Ата, 1984. – 24 с.
2. Елешев, Р. Е. Фосфорные удобрения и урожай. – Алма-Ата Кайнар. – 1984.
3. Пономарева, А. Т. Фосфатный режим и фосфорные удобрения. – Алматы: Кайнар, 1970. – С. 116–120.
4. Басибек, Б. С. Влияние длительного применения фосфорных удобрений на фосфорный режим светло-каштановой почвы и продуктивность культур свекловичного севооборота / Б. С. Басибек, О. Б. Торшина // Агрохимия. – 1979. – № 7.

УДК 633.16:631.445.24:631.8

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МИКРО- И КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Н. В. БАРБАСОВ, зав. химико-экологической лабораторией,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Наличие в почве необходимого количества питательных веществ – неременное условие получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Между уровнем применения удобрений и урожайностью сельскохозяйственных культур существует прямая зависимость. Именно удобрения являются важнейшим рычагом интенсификации земледелия [1].

Эффект от применения удобрений под сельскохозяйственные культуры в денежном выражении отражают показатели экономической эффективности – чистый доход, или прибыль, в расчете на 1 га посевов, а также чистый доход на 1 руб. затрат, на единицу внесенных удобрений и рентабельность [2].

Цель исследований – дать агрономическую и экономическую оценку применения комплексных и микроудобрений при возделывании ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Полевые опыты проводили в 2015–2017 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» со среднепоздним сортом ярового ячменя Якуб. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Она характеризуется следующими показателями: средним содержанием гумуса (1,6–1,7 %) и общего азота (0,19–0,2 %), повышенной обеспеченностью подвижным фосфором (195–203 мг/кг) и калием (200–208 мг/кг), средним содержанием подвижной меди (1,80–1,91 мг/кг) и цинка (3,52–3,95 мг/кг), слабокислой реакцией (pH_{KCL} 5,73–5,96).

Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. В опытах применялись карбамид (N – 46 %), аммофос (N – 10–12 %, P₂O₅ – 52 %), хлористый калий (60 %), комплексные удобрения для некорневых подкормок Нутривант плюс (N (6 %), P₂O₅ (23 %), K₂O (35 %), MgO (1 %), B (0,1 %), Zn (0,2 %), Cu (0,25 %), Fe (0,05 %), Mo (0,002 %)), Кристалон особый – (N (18 %), P₂O₅ (18 %), K₂O (18 %), MgO (3 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (5,0 %)), Кристалон коричневый – (N (3 %), P₂O₅ (18 %), K₂O (38 %), MgO (4 %), B (0,025 %), Zn (0,025 %), Cu (0,01 %), Fe (0,07 %), Mo (0,004 %), Mn (0,04 %), S (27,5 %)), микроудобрения Адоб Медь (6,43 % меди в хелатной форме, 9 % азота и 3 % магния) и ЭлеГум – Медь (гуминовых веществ – 10 г/л и меди – 50 г/л), комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим – Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые в-ва – 0,60–5,0 мг/л).

Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б. А. Доспехову [3] и М. Ф. Дембицкому [4].

Расчет экономической эффективности проведен по методике, разработанной Институтом почвоведения и агрохимии, в ценах по состоянию на 2017 г. [5].

В среднем в 2015–2017 гг. урожайность зерна ячменя в варианте с применением $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений возросла на 31,3 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK кг зерна по данным вариантам опыта составила 13,0 кг соответственно (табл. 1). Применение медьсодержащих удобрений МикроСтим-Медь Л и Адоб Медь в фазе начала выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ повышало урожайность зерна ячменя в среднем за три года исследований на 8,8 и 4,3 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 16,7 и 14,8 кг соответственно.

Таблица 1. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность зерна ячменя в 2015–2017 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га			Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
	2015 г.	2016 г.	2017 г.			Фон 1	Фон 2	
Без удобрений	22,2	29,6	25,2	25,7	–	–	–	–
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	47,4	62,2	61,3	57,0	31,3	–	–	13,0
Фон 1 + Адоб Медь	52,4	66,6	65,0	61,3	35,6	4,3	–	14,8
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	55,0	66,4	62,3	61,2	35,5	4,2	–	14,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	55,1	67,5	65,8	62,8	37,1	5,8	–	15,5
Фон 1 + ЭлеГум – Медь	60,3	70,4	69,4	66,7	41,0	9,7	–	17,1
Фон 1 + МикроСтим – Медь Л	57,9	69,1	70,5	65,8	40,1	8,8	–	16,7
НСР ₀₅	2,1	4,2	1,6	1,5	–	–	–	–

Двукратная обработка посевов ячменя Кристаллоном в фазе кушения и выхода в трубку обеспечила прибавку урожая к фону 5,8 ц/га, окупаемость 1 кг NPK кг зерна при этом составила 15,5 кг. Использование Нутривант плюс в фазах кушения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ обеспечивало прибавку урожайности зерна на уровне 4,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 14,8 кг зерна. Белорусское микроудобрение с регуляторами роста МикроСтим-Медь Л превосходило по действию польское удобрение Адоб Медь и может быть использовано для импортозамещения.

Максимальная урожайность зерна (66,7 ц/га) получена в варианте с обработкой посевов ячменя ЭлеГум–Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$.

Для оценки экономической эффективности применения новых форм удобрений были использованы нормативы затрат на технологические процессы и цены на удобрения по состоянию на 2017 год. Стоимость продукции также определяли исходя из закупочных цен на зерно ячменя в 2017 году.

В варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$ отмечены наименьшие показатели стоимости прибавки, чистого дохода и рентабельности – 318,0 USD, 103,6 USD и 48,3 % соответственно (табл. 2).

Обработка посевов ячменя препаратом МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ обеспечила стоимость прибавки и чистый доход 407,4 и 161,4 USD, рентабельность – 65,6 %, в варианте с использованием препарата Адоб Медь на том же фоне данные показатели составили 361,7 и 125,9 USD, рентабельность – 53,4 %.

Двукратная обработка посевов ячменя Кристаллоном в фазе кушения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ обеспечила стоимость прибавки и чистый доход 376,9 и 125,4 USD, рентабельность – 49,9 %. Применение комплексного удобрения для некорневой подкормки Нутривант Плюс обеспечило стоимость прибавки и чистый доход 360,7 и 113,6 USD при рентабельности 46,0 %.

Таблица 2. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений в посевах ячменя в среднем за 2015–2017 гг.

Вариант	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Всего затрат, USD	Чистый доход, USD	Рентабельность, %
Без удобрений	–	–	–	–	–
$N_{90}P_{60}K_{90}$ – Фон 1	28,7	318,0	214,4	103,6	48,3
Фон 1 + Адоб Медь	34,7	361,7	235,8	125,9	53,4
Фон 1 + Нутривант плюс (2 обработки)	33,0	360,7	247,1	113,6	46,0
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	34,3	376,9	251,5	125,4	49,9
Фон 1 + ЭлеГум – Медь	37,7	416,6	248,5	168,0	67,6
Фон 1 + МикроСтим – Медь Л	35,6	407,4	246,0	161,4	65,6

Наибольшая стоимость прибавки и чистый доход (416,6 и 168,0 USD) отмечены в варианте с при-

менением ЭлеГум–Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀. В этом же варианте опыта наблюдалась и максимальная рентабельность – 67,6 %.

Таким образом, белорусские удобрения для некорневых подкормок ЭлеГум–Медь и МикроСтим–Медь Л превосходили польское удобрение Адоб Медь по показателям прибавки урожайности и рентабельности и могут быть использованы для импортозамещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна ячменя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mineralnyh-udobreniy-na-urozhaynost-zerna-yachmenya> – Дата доступа: 27.11.2018.
2. Экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://neznaniya.net/2007-ekonomicheskaya-i-energeticheskaya-effektivnost-primeneniya-udobreniy.html> – Дата доступа: 27.11.2018.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1985. – 235 с.
4. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – №3. – С. 60 – 64.
5. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] / РУП Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

УДК 630:576.8: 633.63

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АБОРИГЕННЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *PSEUDOMONAS SP.*, ФИКСИРУЮЩИХ АЗОТ, С МИКРОБНЫМ СООБЩЕСТВОМ ФИЛЛОПЛАНЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Н. В. БЕЗЛЕР, д-р с.-х. наук,
М. Ю. ПЕТЮРЕНКО, канд. с.-х. наук,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт им. А. Л. Мазлумова»,
п. Рамонь, Воронежская область, Российская Федерация

Сахарная свёкла – одна из важнейших технических культур, имеющих стратегическое значение и определяющих продовольственную безопасность нашей страны. Она требовательна к условиям питания и производства. Для формирования 1 т урожая она выносит из почвы 4–4,5 кг азота, 1,5–2 подвижного фосфора и 6–10 кг обменного калия. Все эти элементы питания одинаково важны. Дефицит каждого из них является ограничивающим фактором роста продуктивности культуры. Почвы, на которых возделывают сахарную свёклу, содержат почти все нужные элементы минерального питания, однако азот, как правило, находится в минимуме и растения испытывают его недостаток [1].

Источником экологически чистого биологического азота в почве являются микроорганизмы, способные фиксировать молекулярный азот атмосферы. В корневой зоне небобовых растений обитают микроорганизмы, относящиеся к разным систематическим группам, обладающие способностью фиксировать азот. Среди этих групп представители рода *Pseudomonas sp.* являются наиболее перспективными, поскольку многие из них обладают способностью фиксировать азот и продуцировать физиологически активные соединения. Использование их в практике сельского хозяйства в виде биологических препаратов, созданных на основе азотфиксирующих микроорганизмов и ризобактерий, стимулирующих рост растений, является одним из технологических приемов, способствующих повышению урожая культурных растений и накоплению в почве биологического азота [2, 3].

Исследования проведены в посевах сахарной свёклы в зернопаропропашном севообороте с чередованием культур: пар – озимая пшеница – сахарная свёкла – ячмень. Повторность опыта – 4-кратная. Расположение делянок систематическое. Технология возделывания культуры общепринятая для ЦЧР. Для посева использованы семена диплоидного гибрида Смена. Опрыскивали посевы в фазе 4–5 пар настоящих листьев, суспензией *Pseudomonas sp.* 75и *P. fluorescens* 116, при титре рабочей жидкости 10¹⁰ КОЕ/мл. Расход рабочей жидкости – 200 л/га. Наблюдения проведены в период интенсивного роста.

Численность псевдомонад, аммонификаторов, микроскопических грибов определена методом высева смывов с листьев сахарной свёклы различной степени разведения на селективные питательные среды [4, 5, 6]. Молекулярно-генетическую идентификацию выделенных бактерий проводили с использованием родоспецифического праймера PA-GS-F/PA-GS-R для определения рода *Pseudomonas species* и видоспецифического праймера 16SPSEfluF/16SPSER для определения *P. fluorescens*. Для выявления фрагмента гена *nifH* осуществляли амплификацию геномной ДНК выделенных бактерий с

праймером nifH-univ [7, 8, 9]. Толщину листовой пластинки определяли методом ботанической микротехники [10].

ПЦР-анализ штаммов позволил идентифицировать штамм 75 как *Pseudomonas species*, а штамм 116 как *Pseudomonas fluorescens*. В настоящее время именно ген nifH является удобным филогенетическим маркером для изучения азотфиксирующих микроорганизмов среди прокариот. В связи с этим для того чтобы выявить на молекулярном уровне способность к фиксации азота, у выделенных штаммов нами был проведен ПЦР-анализ для выявления гена, кодирующего нитрогеназу. Амплификация геномной ДНК бактерий рода *Pseudomonas* позволила установить наличие соответствующих ампликонов у псевдомонад штаммов 75 и 116. Это подтверждает способность штаммов фиксировать азот атмосферы.

В лабораторном опыте мы выявляли способность к продуцированию индолил-3-уксусной кислоты для штамма *P. fluorescens* 116 по образованию розовой окраски при взаимодействии реактива Сальковского с гетероауксином.

В полевом опыте изучали влияние штаммов 75 и 116 на микробное сообщество филлопланы (поверхность листьев) сахарной свеклы.

Микромикеты являются полноправным компонентом агроценозов и играют существенную роль. Обладая высокой полифункциональностью, они осуществляют самые разнообразные функции. Вместе с тем среди почвенных микромикетов встречаются факультативные фитопатогены – до 25 % [11].

Среди микромикетов чернозема выщелоченного в основном преобладают медленно растущие грибы с активным ферментативным аппаратом. Они неоднородны по своим потребностям к источникам углерода, запасу элементов питания в почве, условиям аэрации и реакции почвенного раствора. У разных грибов неодинакова потребность к уровню азотного питания [11].

После опрыскивания суспензией, содержащей псевдомонады, поверхности листьев численность микромикетов выросла, особенно при использовании штамма 75 млн КОЕ до 1,58 тыс. КОЕ на 1 см² (в контроле 0,74).

Штамм *P. fluorescens* 116, способный фиксировать азот и продуцировать гетероауксин, в меньшей степени повлиял на численность микромикетов в филлоплане сахарной свеклы, она повысилась до 1,06 тыс. КОЕ.

Актиномицеты, почвенные микроорганизмы, попадают на поверхность листьев растений, при выпадении осадков, с пылью или другим каким-либо образом. Несмотря на то, что в контроле в филлоплане сахарной свеклы их численность равнялась нулю, после обработки суспензией, содержащей бактерии рода *Pseudomonas sp.*, на поверхности листьев были выявлены актиномицеты. После опрыскивания *P. fluorescens* 116, 10¹⁰ КОЕ/мл их численность составила 0,010 млн КОЕ на 1 см², а *Pseudomonas sp.* 75–0,025. Вероятно, это связано с повышением выживаемости случайных видов в несвойственной им среде.

Целлюлозолитические микроорганизмы на поверхности листьев появляются таким же образом, как и вышеописанные, но субстрат для их жизнедеятельности появляется по мере старения листьев, когда клетки эпидермиса начинают отмирать. Опрыскивание посевов сахарной свеклы бактериальной суспензией *P. fluorescens* 116 способствовало развитию целлюлозолитических микроорганизмов в филлоплане: их численность составила 0,003 млн КОЕ на 1 см². Действие *Pseudomonas sp.* 75 эффективнее: численность целлюлозолитических микроорганизмов достигло 0,019 млн КОЕ. Вероятно, это связано с более высокой способностью к фиксации азота.

Аэробные спорообразующие бактерии являются типичными представителями почвенной микрофлоры, которые развиваются на заключительной стадии разложения растительных остатков.

Однако в филлоплане растений они могут присутствовать как отражение почвенного микробного сообщества. Тем не менее среди этих бактерий встречаются антагонисты фитопатогенов.

Учет численности спорообразующих бактерий в филлоплане сахарной свеклы показал, что в контроле их количество равнялось 0,0003 млн КОЕ на 1 см². Псевдомонады активизировали их развитие: *P. fluorescens* 116, 10¹⁰ КОЕ/мл в 28 раз, а *Pseudomonas sp.* 75, 10¹⁰ КОЕ/мл в 31 раз (табл. 2).

Таблица 1. Численность микроорганизмов, участвующих в круговороте азота, на 1 см²

Вариант	Олигоаэрофилы		Споровые		Аммонификаторы		Имобилизаторы азота	
	млн КОЕ	±d	млн КОЕ	±d	млн КОЕ	±d	млн КОЕ	±d
Контроль	0,0005		0,0003		0,012		0,000	
<i>P. fluorescens</i> 116, 10 ¹⁰ КОЕ/мл	0,0129	0,0124	0,0084	0,0081	0,016	0,004	0,019	0,019
<i>Pseudomonas sp.</i> 75, 10 ¹⁰ КОЕ/мл	0,0000	0,0000	0,0094	0,0091	0,020	0,008	0,136	0,136

Олигоазофилы – микроорганизмы, которые довольствуются следами азота в почве или сами фиксируют азот воздуха. Они появляются в большом количестве лишь при незначительном содержании азота в окружающей среде [8]. На поверхности листьев минеральных форм азота практически нет. Поэтому их численность незначительная – 0,0005 млн КОЕ на 1 см². *P. fluorescens* 116 стимулировал рост и развитие олигоазафилов: их численность увеличилась на 0,0124 млн КОЕ на 1 см². Возможно, это связано с продуцированием гетероауксина штаммом 116, что стимулировало развитие этих бактерий. *Pseudomonas sp.* 75, 10¹⁰ КОЕ/мл резко снизил численность олигоазофилов, которая при используемом разведении не определялась. Вероятно, снижение их количества связано с активной фиксацией азота штаммом 75 и выделением аминокислот на поверхность листьев.

Тестовым методом на среде Эшби, не содержащей азот, с помощью нингидрина определили степень продуцирования псевдомонадами аминокислот. Результаты наблюдений показали, что по интенсивности окраски из исследуемых штаммов наиболее активно продуцировал аминокислоты – *Pseudomonas* 75 (рис.1).

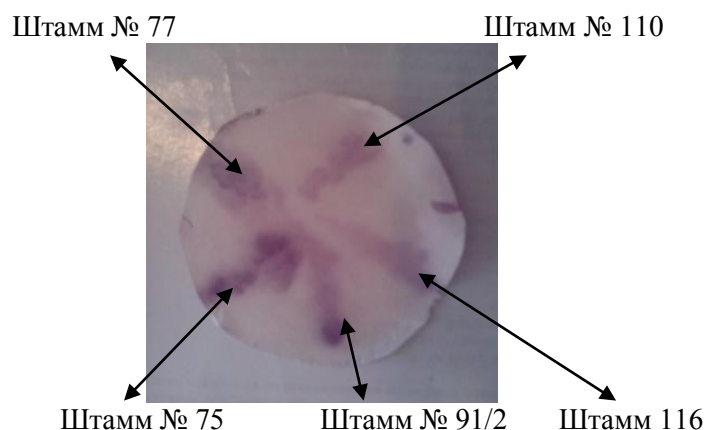


Рис. 1. Продуцирование аминокислот бактериями рода *Pseudomonas sp.* на среде Эшби

Превращение органических азотистых соединений в доступные для растений питательные вещества осуществляется микроорганизмами различных физиологических групп. Аммонифицирующие бактерии участвуют в разложении азотистых органических соединений, в том числе и аминокислот. Эти микроорганизмы, выделяющие комплекс протеолитических ферментов – эктопротеаз, широко распространены на корнях, в ризосфере и поверхности листьев [1].

На поверхности листовых пластинок сахарной свеклы формируется сообщество микроорганизмов, принимающих участие в азотном обмене. После опрыскивания посевов суспензией, содержащей псевдомонады, численность аммонификаторов возросла под влиянием *p. fluorescens* 116 – на 0,004 млн кое на 1 см², *pseudomonas sp.* 75 – на 0,008. Увеличение численности аммонификаторов при использовании *pseudomonas* 75 в два раза по сравнению с *p. fluorescens* 116, объясняется значительным превышением выделяемых аминокислот первым по отношению ко второму.

Численность иммобилизаторов азота в среде зависит от количества аммонификаторов и их активности. При использовании *p. fluorescens* 116 численность иммобилизаторов азота составила 0,019, а *pseudomonas sp.* 75–0,136 млн кое. В последнем случае количество иммобилизаторов азота отражает накопление минеральных форм азота на поверхности листьев сахарной свеклы, благодаря выросшей численности аммонификаторов.

Урожайность культуры зависит от фотосинтетических процессов, которые определяются многими факторами. Для продуктивности фотосинтеза значение имеет не только площадь листовой поверхности, но и толщина листовой пластинки, поскольку увеличивается количество паренхимных клеток, содержащих хлоропласты [12].

Результаты измерений показали, что под влиянием псевдомонад масса 1 см² листовой пластинки увеличилась на 46 % (табл. 2).

Причем в этом случае определяющее значение имела фиксация азота, а потом продуцирование гетероауксина. Так, *P. fluorescens* 116 обладает способностью фиксировать азот и продуцировать гетероауксин, а *Pseudomonas sp.* 75 фиксирует азот и активно выделяет его в виде аминокислот, которые могут непосредственно быть использованы микроорганизмами и растениями. В результате отмечено равнозначное увеличение толщины листовой пластинки как при воздействии *P. fluorescens* 116, так и *Pseudomonas sp.* 75.

Таблица 2. Влияние псевдомонад на толщину листа сахарной свеклы

Вариант	Масса 1 см ²	
	г	±d
Контроль	0,022	
<i>P. fluorescens</i> 116 10 ¹⁰ КОЕ/мл	0,032	0,01
<i>Pseudomonas sp.</i> 75, 10 ¹⁰ КОЕ/мл	0,032	0,01

Учитывая положительные изменения параметров листовой пластинки под влиянием обработки суспензиями аборигенных штаммов псевдомонад, можно предположить, что продуктивность фотосинтетических процессов возрастает.

Все изменения, которые индуцировали псевдомонады в эпифитном сообществе филлопланы сахарной свеклы, отражали повышение прихода различных форм азота.

Микроскопические грибы являются активными иммобилизаторами азота. Повышение в окружающей среде соединений азота способствует росту и развитию микромицетов, в том числе и патогенных.

В посевах сахарной свеклы распространяются заболевания листьев грибной этиологии, чаще всего вызываемые облигатным патогенным *Erysiphe betae*. Это заболевание типично для ЦЧР [13].

Наблюдения за развитием эризифоза на листовом аппарате сахарной свеклы показали, что на начало сентября распространение заболевания составило 55,8 %, а степень развития – 52,5 % (табл. 3).

Таблица 3. Развитие и распространение заболеваний листового аппарата в посевах сахарной свеклы

Вариант	Эризифоз	
	R, %	P, %
Контроль	52,5	55,8
<i>P. fluorescens</i> 116, 10 ¹⁰ КОЕ/мл	55,5	80,4
<i>Pseudomonas sp.</i> 75, 10 ¹⁰ КОЕ/мл	52,1	74,7
HCP ₀₅	15,2	4,8

Опрыскивание растений *Pseudomonas sp.* достоверно не изменило степень развития заболевания. При этом распространение заболевания повысилось. Вероятно, это связано с увеличением поступления азота за счет жизнедеятельности аммонификаторов и азотным обменом на поверхности листового аппарата сахарной свеклы. Это зафиксировано наблюдениями за микробным сообществом филлопланы.

Таким образом, нанесение бактерий рода *Pseudomonas sp.*, способных фиксировать азот и продуцировать гетероауксин, на поверхность листьев сахарной свеклы способствует перестройке структуры сообщества эпифитной микрофлоры, увеличив численность микроорганизмов, принимающих участие в фиксации азота и дальнейшем азотном обмене. Благодаря этому нарастает толщина листовой пластинки, что косвенно может свидетельствовать об увеличении интенсивности фотосинтетических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войнова-Райкова, Ж. Микроорганизмы и плодородие [Текст] / Ж. Войнова-Райкова, В. Ранков, Г. Ампова – М.: Агропромиздат, 1986. – 120 с.
2. Ягодин, Б. А. Агрохимия [Текст] / Б. А. Ягодин, Жуков, Ю. П., Кобзаренко, В. И. Под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 584 с.
3. Логинов, О. Н. Бактерии *Pseudomonas* и *Azotobacter* как объекты сельскохозяйственной биотехнологии [Текст] / О. Н. Логинов. – М.: Наука, 2005. – 166 с.
4. Звягинцев, Д. Г., Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова: учебник. – 3-е изд., испр. и доп. [Текст]. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие / Под ред. Д. Г. Звягинцева. [Текст]. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с: ил.
6. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии [Текст] / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 255 с.
7. Spilker, T. PCR-Based Assay for Differentiation of *Pseudomonas aeruginosa* from other *Pseudomonas species* recovered from cystic fibrosis patients [Текст] / Theodore Spilker, Tom Coenye, Peter Vandamme and John J. Puma // *Journal of Clinical Microbiology*. 2004. Vol. 42, No. 5 p. 2074-2079
8. Scarpellini, M. at.al. Development of PCR assay to identify *Pseudomonas fluorescens* and its biotype [Текст] / M. Scarpellini at.al. // *FEMS Microbiology Letter*. 2004. 257-260.
9. Bürgmann, H. New molecular screening tools for analysis of free-living diazotrophs in soil [Текст] / H. Bürgmann et al. // *Applied Environmental Microbiology*, 2004. Vol. 70. P. 240-247.
10. Справочник по ботанической микротехнике: Основы и методы / Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятков [и др.], [Ред. Г. Г. Есвкова]. – М.: Изд-во Моск. ун-та (МГУ), 2004. – 311 с.

11. Емцев, В. Т. Микробиология: учебник для вузов [Текст] / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2005. – 445 с.
12. Якушкина, Н. И. Физиология растений [Текст] / Н. И. Якушкина. – М.: Владос, 2004. – 464 с.
13. Хохряков М. К. Определитель болезней растений [Текст] / М. К. Хохряков, Т. Л. Доброзракова, К. М. Степанов, М. Ф. Легова. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 592 с.

УДК 631.82 (571.54)

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И СРОКОВ ПОСЕВА НА ПОЛЕВУЮ ВСХОЖЕСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ОВСА В СУХОЙ СТЕПИ БУРЯТИИ

А. С. БИЛТУЕВ, канд. биол. наук, доцент,
А. В. ЧИРИПОВ,

ФГБНУ «Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,
Б. Д. ЦЫДЫПОВ, канд. с.-х. наук,

ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В. Р. Филиппова»,
г. Улан-Удэ, Российская Федерация

Овес – основная зернофуражная культура в Забайкалье. Площади под этой культурой занимают около 36 % от зернового клина. Существующие значительные вариации гидротермического режима в период вегетации зерновых культур вызывают высокий риск неполучения запланированного урожая товарного зерна овса в сухой степи Забайкалья. Одним из агротехнических приемов, позволяющих снизить влияние весенне-раннелетней засухи является определение оптимальных сроков посева. Овес является культурой раннего сева, но в Забайкалье ранние посевы овса (I–II декада мая) дают низкие урожаи зерна. Однако при ранних сроках сильнее сказывается типичная весенне-раннелетняя засуха. Исследования, проведенные в степной и сухостепной зоне Забайкалья, позволили утверждать, что оптимальными сроками посева среднеспелых сортов овса для получения товарного зерна являются III декада мая и I первая декада июня [1–3]. Целью наших исследований является определение зависимости полевой всхожести и урожая зерна овса от условий тепло- и влагообеспеченности при различных сроках посева и различных фонах минерального питания в условиях сухой степи Бурятии.

Исследования проводились в полевом опыте в сухостепной зоне Бурятии. Почва каштановая малогумусная маломощная, с низким плодородием: содержание гумуса (1,31 %), подвижного фосфора (по Чирикову) высокое (252 мг/кг), обменного калия среднее (144,0 мг/кг). Содержание нитратного азота в пахотном слое менее 5 мг/кг.

В опыте определялась полевая всхожесть и урожайность среднеспелого сорта Гэсэр на двух фонах – без удобрения (контроль) и удобренном ($N_{40}P_{40}$), в три срока посева: I срок – 25 мая, II срок – 30 мая, III срок – 5 июня. Учетная площадь делянок – 324 м². Посев проводился рядовым способом по пшенице. Запасы продуктивной влаги в почве в период прорастания овса в целом оцениваются как неудовлетворительные – менее 20 мм в пахотном слое.

Полевая всхожесть овса различалась в зависимости от сроков посева и удобренности (табл. 1). На неудобренном варианте она была минимальной во второй срок и была достоверно ниже, чем при посеве в третий. Существенных различий полевой всхожести между первым и третьим сроками не выявлено. На варианте с внесением минеральных удобрений сроки посева не оказали существенного влияния на полевую всхожесть и изменялись в пределах 288–300 шт/м². В опыте выявлено, что удобрения достоверно повысили всхожесть овса при посеве в первый и второй сроки. Действие удобрений не было столь значимым во второй срок посева.

Таблица 1. Полевая всхожесть овса на различных фонах минерального питания и вариантах сроков посева, шт/м²

Срок посева (А)	Фон (В)	год исследования				M±m	V, %
		2006	2007	2008	2009		
I – 25мая	контроль	284	314	241	280	279,9±14,9	10,7
	N ₄₀ P ₄₀	302	323	246	302	293,2±16,4	11,2
II – 30мая	контроль	270	275	257	260	265,5±4,2	3,2
	N ₄₀ P ₄₀	279	304	268	300	287,9±8,7	6,0
III – 5июня	контроль	277	305	289	282	288,4±6,1	4,2
	N ₄₀ P ₄₀	293	332	280	294	299,8±11,2	7,5

Примечание. НСР₀₅ по фактору А (15,48 шт/м²); В (12,97 шт/м²); АВ (21,19 шт/м²).

Влияние сроков посева на всхожесть семян обусловлено наличием продуктивной влаги в пахотном слое и различиями в ресурсах поступающих тепла и влаги к прорастающим семенам [4]. Почвенное увлажнение 0–20 см слоя почвы оказывало различное влияние на полевую всхожесть овса в зависимости от срока посева и удобренности. Отметим что, в условиях сухой степи Бурятии влажность пахотного слоя почвы формируется не только за счет выпадающих осадков, но и восходящего диффузионного подъема почвенной влаги с глубины 150–200 см к поверхности при оттаивании сезонной мерзлоты [5].

При первом сроке посева запасы продуктивной влаги до посева практически не влияли на всхожесть овса ($r=0,20-0,41$). Большее значение имела влажность почвы в период прорастания, начиная с 5 по 15 день от дня посева ($r=0,62-0,80$). Несколько меняется характер этой связи при втором сроке посева. На контроле сильная связь с продуктивной влагой обнаруживается на 5–10 день от посева ($r=0,77$), а на удобренном варианте эта зависимость остается средней весь период прорастания ($r=0,40-0,58$). Динамика продуктивной влаги при третьем сроке посева (5 июня) не отражалась на полевой всхожести, в данном случае большее влияние оказывали условия атмосферного увлажнения.

В результате проведенных исследований установлено, что на полевую всхожесть овса в значительной степени влияла изменчивость метеорологических условий. При первом сроке посева (25 мая), выявлена сильная корреляционная связь с осадками ($r=0,87-0,75$) и температурой воздуха ($r=0,88-0,92$) в третьей декаде мая, как на контрольном, так и на удобренном вариантах. Отметим, что на всхожесть на удобренном варианте в большей степени, чем на контроле, влиял температурный фактор, и в меньшей степени выпадающие осадки.

Второй срок посева (30 мая) в наибольшей степени подвергается типичной раннелетней засухе в сухой степи Бурятии, пик которой приходится на первую декаду июня. В связи с этим на контроле возрастает зависимость от осадков за третью декаду мая ($r=0,97$) и первую декаду июня ($r=0,70$). Отметим положительное влияние средних доз минеральных удобрений на устойчивость проростков овса к раннелетней засухе, зависимость от осадков. В отличие от контроля, она была средней и составляла $r=0,53$ и $r=0,46$, соответственно за третью декаду мая и первую июня. Внесение удобрений, также снизило температурный стресс, который ощущали проростки в этот период ($r=-0,24 \dots -0,54$).

Посев в третий срок (5 июня) производился в наиболее засушливый период. В первую декаду июня, в среднем за период исследований, выпадало менее 3 мм, а температура воздуха повысилась на 8 °С в сравнении с последней декадой мая. В связи с этим установлена сильная зависимость полевой всхожести овса посева 5 июня с количеством осадков первой декады июня: $r=0,95$ – на контроле и $r=0,88$ на варианте с внесением $N_{40}P_{40}$. С увеличением количества осадков пропорционально возрастает и число всходов овса. Более обильные осадки второй декады июня обеспечивали прорастание основной массы семян во все годы исследований.

Урожайность зерна овса различалась по срокам посева и вариантам минерального питания. Наибольшую эффективность выявили первый и третий сроки посева овса – 25 мая и 5 июня. Продуктивность овса высеянного в эти сроки оказалась статистически равной. При втором сроке посева 30 мая получена наименьшая урожайность зерна как на варианте без удобрений, так и при внесении $N_{40}P_{40}$ (табл. 3).

Таблица 2. Урожайность зерна овса Гэсэр по срокам посева, ц/га

Срок посева (А)	Фон (В)	год исследования				M±m	V, %
		2006	2007	2008	2009		
I – 25мая	контроль	9,8	4,9	11,3	11,8	9,5±1,6	33,3
	$N_{40}P_{40}$	11,8	6,5	14,0	15,5	11,9±2,0	33,0
II – 30мая	контроль	9,8	4,5	10,7	8,8	8,4±1,4	32,5
	$N_{40}P_{40}$	11,2	4,9	11,8	8,9	9,2±1,6	34,0
III – 5июня	контроль	8,7	5,1	12,8	11,5	9,5±1,7	35,8
	$N_{40}P_{40}$	9,8	4,5	14,7	12,5	10,3±2,2	42,4

Примечание. НСР₀₅ по фактору А (2,31 ц/га); В (1,52 ц/га); АВ (3,12 ц/га)

Корреляционный анализ данных опыта показал, что на изменение сроков посева в значительной степени влияют выпадение осадков и температур. Соответственно этим обусловлена и различная теснота связи продуктивности зерна овса с метеорологическими условиями периода вегетации культуры в сухостепной зоне Бурятии. В опыте выявлена средняя и сильная зависимость урожайности зерна овса от количества выпадающих осадков за июнь ($r=0,67 \dots 0,99$) и температур воздуха за июль ($r=-0,62 \dots -0,93$) вне зависимости от сроков посева. Эти сроки сопряжены с прохождением фаз всходов, кущения и выхода в трубку. На урожайность при первом сроке посева в большей степени влияют температурные факторы (коэффициенты регрессии $b=2,46-3,45$). В меньшей степени температуры

июля влияли на продуктивность в третий и второй сроки. Осадки в большей степени влияли на урожай второго и третьего срока, нежели первого.

В условиях сухой степи Бурятии полевая всхожесть овса при различных сроках посева зависела от действия удобрений. На неудобренном варианте она была минимальной при посеве 30 июня, выше при посеве 25 мая и 5 июня. При внесении рекомендованной дозы $N_{40}P_{40}$, различий полевой всхожести по срокам посева не выявлено. Применение минеральных удобрений снижало зависимость от условий почвенного увлажнения. Полевая всхожесть овса при различных сроках посева зависела от условий тепло- и влагообеспеченности через 5–15 дней от посева.

Урожайность зерна овса зависит от длительности и интенсивности весенне–раннелетней засухи, типичной для условий сухой степи. Для ее прохождения с минимальными потерями необходимо высевать среднеспелые сорта овса на зерно в поздние сроки 25 мая и 5 июня. При посеве 30 мая растения в наибольшей степени подвергаются негативному влиянию засухи. В связи с этим стратегия возделывания овса на зерно в сухой степи заключается в сохранении в почве влаги на глубине посева семян, использование скороспелых сортов при посеве в допустимо более поздние сроки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каштанов, А. Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А. Н. Каштанов, Ф. М. Лисецкий, Г. И. Швебс. – М.: Колос, 1994. – 127 с.
2. Барнаков, Н. В. Растениеводство в Забайкалье. / Н. В. Барнаков, В. П. Баиров, А. Г. Кушнарв – Улан-Удэ, 1999 – 422 с.
3. Осипов, В. И. Зерновые культуры в Бурятии. – Улан-Удэ: Бур. кн. изд-во, 1982. – 88 с.
4. Билтуев, А. С., Лапухин Т. П., Будажапов Л. З. В. Климат, плодородие почв и продуктивность зерновых культур в аридных условиях Забайкалья: состояние и прогноз / А. С. Билтуев: монография. – Улан-Удэ, 2015. – 141 с.
5. Билтуев, А. С. Агрофизические свойства и динамика влажности каштановой почвы в условиях засухи в сухостепной зоне Бурятии / А. С. Билтуев, Л. В. Будажапов, А. К. Уланов, С. В. Хутакова // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2017. № 1 (42). – С. 77–83.

УДК 631.82:633.2

ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЛУГОВЫХ ТРАВСТОЯХ

А. Л. БИРЮКОВИЧ, канд. с.-х. наук,
РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь,
Р. Т. ПАСТУШОК, канд. с.-х. наук,
РУП «Институт мелиорации»,
г. Минск, Республика Беларусь

Стратегией развития кормопроизводства до 2020 года намечено: вносить под многолетние злаковые травы $N_{160-180}$, что обеспечит повышение содержания протеина на 1,5–3,0 % и обеспеченность им 1 к. ед. 15–20-ю граммами. В 1986–1990 гг. на сенокосы и пастбища вносили $NPK - 176$ кг ($N_{74}P_{27}K_{75}$), а в 2017 г. их дозы под многолетние насаждения, сенокосы и пастбища, защищенный грунт составили – 34,6 кг ($N_{20}P_{0,6}K_{14}$), на пашне – 103 кг.

Кроме внесения азотных удобрений, повысить обеспеченность корма протеином можно выращиванием бобово-злаковых травостоев, которые в условиях республики могут биологически фиксировать 60–90 кг/га азота. Однако для получения урожайности травостоев, способных обеспечить получение 6000 кг и более молока от коровы в год, продуктивность трав должна составлять не менее 7–8 т к. ед./га. Поэтому необходимо комбинированное использование как биологического, так и промышленного азота. При низком содержании бобовых видов в травостое (около 30 % по массе) целесообразно вносить азотные удобрения.

Исследования проводили (РДУП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского р-на) на дерново-глеевой супесчаной почве (рН 5,85, гумус – 2,99 %, фосфор – 330, калий – 385 мг/кг почвы).

Состав травосмесей: 1. Овсяница красная Пящотная, 5 кг/га + райграс пастбищный Пашавы, 8 + фестулолиум Пуны, 8, + тимopheевка луговая, 3 кг/га - фон; 2. Овсяница красная, 6 + райграс пастбищный, 10 + мятлик луговой Балин, 3 + тимopheевка луговая, 5 кг/га; 3. Фон + клевер ползучий Духмяны, 5; 4. Фон + клевер ползучий, 5 + клевер гибридный Красавик, 5; 5. Фон + овсяница тростниковая, 4 + клевер ползучий, 5; 6. Фон + клевер ползучий, 5, люцерна посевная Концерто, 5; 7. Фон + клевер ползучий, 5 + лядвенец рогатый ИЗиС, 5 кг/га.

Травостои 2–3-го года жизни стравливали КРС 6 раз за сезон, 4-го – скашивали 4 раза, а 5–7-го года жизни – 3 раза. Весной вносили $P_{40}K_{90}$, во 2–5-м годах жизни трав азотные подкормки проводили в дозах по N_{30} (N_1) и N_{45} (N_2) – злаковые перед каждым укосом, а бобово-злаковые – перед 2–4 укосами.

В 6–7-м годах жизни дозу азота увеличили до N_{45} и N_{60} . Повторность 4- кратная, площадь делянки – 120 м².

Урожайность злаковых травостоев при внесении азотных удобрений в среднем за 6 лет составила 101,5–111,8 ц/га сухой массы и ее средняя прибавка составила у травостоя с фестулолиумом 41,6–52,6 %, а с мятликом луговым – 33,5–43,4 %. Бобово-злаковые травостои сформировали за этот период 89,6–114,3 ц/га сухой массы. Причем более высокой была урожайность у травостоя с люцерной посевной – 112,5 ц/га.

В среднем за 6 лет при внесении минеральных удобрений на злаковых травостоях их окупаемость урожаем составила 6,9 кг сухой массы на каждый килограмм NPK, а у бобово-злаковых – 4,9 кг (таблица).

С увеличением доз азотных подкормок окупаемость 1 кг удобрений урожайностью трав увеличивалась. У бобово-злаковых травостоев при увеличении доз азотных подкормок рост их окупаемости отмечен только у травостоев с клевером ползучим и гибридным и с клевером ползучим и люцерной посевной. У других бобово-злаковых травостоев при увеличении дозы азотной подкормки окупаемость 1 кг NPK урожаем сухой массы снижалась.

С увеличением возраста травостоя окупаемость удобрений урожаем снижалась, и эта закономерность выражалась зависимостью $y = -0,137x^2 - 2,686x + 30,67$; $R^2 = 0,935$. Причем увеличение доз азотных подкормок в 6-м и 7-м годах жизни, трав не повлияло на эту закономерность.

Окупаемость 1 кг NPK урожаем сухой массы луговых травостоев, кг

Травостой	Удобрение	Год жизни трав						Ср.
		2-й	3-й	4-й	5-й	6-й*	7-й*	
		6 стравлив.		4ук.	3 укоса			
Злаки +фестулолиумфон	PKN ₁	6,3	5,2	21,4	1,6	2,8	3,4	6,8
	PKN ₂	6,3	9,4	20,1	1,0	4,1	3,2	7,4
Злаки+мятлик	PKN ₁	6,8	10,7	19,5	-3,7	-1,5	4,1	6,0
	PKN ₂	7,1	8,0	18,2	0,1	4,9	6,1	7,4
Фон + клевер ползучий	PKN ₁	1,0	2,8	22,3	-1,5	0,8	3,5	4,8
	PKN ₂	1,7	5,5	19,4	-0,5	0,7	0,8	4,6
Фон+клевер ползучий+клевер гибридный	PKN ₁	1,9	7,8	17,0	-0,2	0,9	2,1	4,9
	PKN ₂	1,4	10,2	14,9	-1,8	9,5	2,3	6,1
Фон +овсяница тр.+клевер ползучий	PKN ₁	1,7	7,1	22,8	-0,1	-1,7	4,3	5,7
	PKN ₂	1,7	7,7	21,5	-1,1	-4,2	2,4	4,7
Фон+клевер ползучий +люцерна	PKN ₁	1,4	6,3	18,0	-1,1	-3,4	7,7	4,8
	PKN ₂	2,0	7,6	14,3	-2,6	3,5	9,3	5,7
Фон+клевер ползучий + лядвенец	PKN ₁	0,8	10,2	11,2	2,5	3,8	3,7	5,4
	PKN ₂	0,6	6,8	10,1	-0,3	-2,3	0,1	2,5

Примечание. В 6 и 7-м г. ж. $N_1 - N_{45}$; $N_2 - N_{60}$.

На эффективность внесения удобрений влияет состав травостоя и количество бобового компонента в нем. В наших исследованиях в среднем за 6 лет доля бобовых в урожае травостоя практически не изменялась при увеличении доз азота и у травостоя с клевером ползучим составила 13,2–14,4 %, клевером ползучим и гибридным – 18,4–21,0; клевером ползучим и люцерной – 25,6–27,8; клевером ползучим и лядвенцем – 19,8–22,9 %. В среднем за 6 лет использования травостоев связь между долей бобовых и окупаемостью удобрений урожаем была слабой ($R^2 = 0,12$).

Связь между способом использования травостоев и окупаемостью удобрений урожаем при 6 стралливаниях в среднем составила - $R^2 = 0,28$, 4-х укосах - $R^2 = 0,13$, а 3-х - $R^2 = 0,18$.

При внесении минеральных удобрений в среднем за 6 лет урожайность злаковых травостоев составила 101,5–111,8 ц/га сухой массы, а бобово-злаковых – 89,6–114,3 ц/га. Средняя прибавка злаковых травостоев достигла 33,5–52,6 %, а бобово-злаковых – 25,5–32,6 %.

Окупаемость внесения 1 кг минеральных удобрений урожаем многолетних трав в среднем за 6 лет составила у злаковых травостоев 6,9 кг сухой массы, а у бобово-злаковых – 4,9 кг.

Доля бобовых в урожае травостоя практически не зависела от доз азотных подкормок. У травостоя с клевером ползучим она составила 13,2–14,4 %, клевером ползучим и гибридным – 18,4–21,0; клевером ползучим и люцерной – 25,6–27,8; клевером ползучим и лядвенцем – 19,8–22,9 %.

Связь между способом использования травостоев и окупаемостью удобрений урожаем при более частом отчуждении надземной массы была сильнее и при шести стралливаниях составила - $R^2 = 0,28$, четырех укосах - $R^2 = 0,13$, трех укосах - $R^2 = 0,18$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тюльдюков, В. А. Теория и практика луговодства / В. А. Тюльдюков. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 223 с.
2. Хомяков, Д. М. Агрометеорологические условия и эффективность удобрений / Д. М. Хомяков. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 83 с.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЗДНИХ ПОСЕВОВ СОРГО САХАРНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

Е. А. БЛОХИНА, канд. с.-х. наук,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В 70-80-х гг. на территории Беларуси выделяли 3 агроклиматических области: Северная (с суммой температур выше 10°C менее 2200 $^{\circ}\text{C}$), Центральная (2200–2400 $^{\circ}\text{C}$) и Южная (2400–2600 $^{\circ}\text{C}$). Однако результате изменений климата уже в 1989 г отмечено смещение границ агроклиматических областей и появление Новой агроклиматической области (с суммой активных температур более 2600 $^{\circ}\text{C}$). Теплая погода в последующие годы (особенно аномально жаркое лето в 2010, 2014, 2015 и 2018 годах) еще более изменили границы агроклиматических областей и расширили границы новой агроклиматической области. При этом влагообеспеченность в период активной вегетации ухудшается в результате существенного роста температур и увеличения транспирации растений. Вероятность засушливых и очень засушливых условий в будущем составит не менее 50 % [1].

Одной из мер стратегии адаптации к изменению климата является увеличение площадей возделывания культур, способных выдерживать высокие температуры и недостаток влаги. Одной из таких культур является сорго. Оно формирует высокие и стабильные урожаи кормовой массы, которую в одинаковой мере можно использовать для приготовления сенажа, на зеленую массу, подкормку и выпас. Кроме того, сорго можно сеять до середины июля, что позволяет снизить нагрузку на технику в период сева зерновых и кукурузы, а также дает возможность получить полноценный урожай зеленой массы при пересеве культур, погибших от заморозков или засухи.

Целью наших исследований было изучение влияния условий питания на урожайность и качество зеленой массы посевов сорго сахарного первой декады июля в условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв северо-востока Беларуси.

Исследования проводились в 2012–2014 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытных участков агродерново-подзолистая типичная, развивающаяся на легком пылеватом лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 120 см моренным суглинком, среднепахотная, легкосуглинистая. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы до закладки опыта следующие: гумус – 165–1,67 %; pH_{KCl} – 6,4–6,5; P_2O_5 – 181–190; K_2O – 185–195; Cu – 2,75–2,81; Zn – 1,85–1,90 мг/кг почвы. Почва среднеоккультуренная (индекс окультуренности 0,7).

В качестве объекта исследований использовался гибрид F_1 сорго сахарного Славянское приусадебное.

Славянское приусадебное. Среднеспелый. Выметывание позднее. Вегетационный период 120–125 дней. Высота растений 190–220 см. Сочностебельный. Содержание сахара в соке в фазу восковой спелости зерна до 18 %, в фазу выхода в трубку – начало выметывания до 12–14 %. Масса 1000 зерен 21,8–28,0 г.

Агротехника возделывания общепринятая для зерновых культур [2]. Минеральные удобрения внесены согласно схеме опыта. Она предусматривает изучение влияния доз азотных (60, 80, 100 кг/га д.в.) удобрений на фоне $\text{P}_{40}\text{K}_{120}$ и $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ на урожайность и качество зеленой массы сорго сахарного. В опытах использовали карбамид (46 % N), аммофос (10 % N, 46 % P_2O_5), хлористый калий (KCl).

Посев сорго осуществляли в первую декаду июля навесной сеялкой «RAU Airsem» с шириной захвата 3 м в агрегате с трактором МТЗ-1523. Сев проводили черезрядным способом (ширина междурядий 30 см), глубина заделки семян 4 см. Норма высева – 14 кг/га. После посева до всходов культуры проведена обработка почвы гербицидом Прометрекс Фло в дозе 1,5 л/га.

Годы проведения исследований отличались по метеорологическим условиям: 2012 г. был избыточно влажным, теплым (ГТК составил 2,05); 2013 г. – теплым и с достаточным увлажнением (ГТК=1,32), однако распределение осадков в течение вегетационного периода 2013 г. было крайне неравномерным (несколько недостаточным в июне, избыточным в июле); 2014 г. характеризовался недостаточным количеством осадков и пониженными температурами во второй половине июня (ГТК=1,22).

Результаты наших исследований подтверждают данные других ученых и свидетельствуют о том, что урожайность сахарного сорго в значительной степени определяется уровнем минерального питания и метеорологическими особенностями вегетационного периода (таблица).

При внесении минеральных удобрений и применении микроэлементов и эпина во всех вариантах отмечено достоверное увеличение урожайности зеленой массы (на 12,5–20,3 т/га) и сухого вещества (на 2,3–4,3 т/га), и повышение качества продукции.

Продуктивность сельскохозяйственных животных во многом зависит от обеспеченности рационов достаточным количеством полноценного протеина. Сырой протеин – показатель, характеризующий содержание азотистых веществ в рационе [3]. В наших исследованиях максимальное содержание протеина наблюдалось при внесении повышенных доз азотных удобрений: N₁₀₀P₄₀K₁₂₀ (11,1 %), N₁₀₀P₄₀K₁₂₀ + Zn+Cu+эпин (11,3 %), N₁₀₀P₆₀K₁₂₀ (11,0 %) и N₁₀₀P₆₀K₁₂₀ + Zn+Cu+эпин (11,4 %).

Продуктивность посевов сорго сахарного в зависимости от условий питания (среднее за 2012–2014 гг.).

Вариант	Урожайность		Биохимический состав, % на сух. в-во				Выход к.ед./га	Сбор ОЭ, ГДж/га
	Зеленой массы, т/га	сухого в-ва, т/га	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сахар		
Контроль	37,6	6,1	7,4	1,3	27,1	6,8	4140,4	56,0
N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	50,2	8,4	9,8	1,4	25,4	6,7	5953,2	79,2
N ₈₀ P ₄₀ K ₁₂₀	55,0	8,9	10,9	1,7	29,1	11,1	6274,2	83,5
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₂₀	53,3	8,4	11,1	1,4	27,1	8,5	5994,0	79,2
N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Zn+Cu+эпин	50,1	9,1	10,1	1,0	25,8	7,9	6266,5	84,2
N ₈₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Zn+Cu+эпин	55,1	9,5	10,5	1,2	27,2	11,8	6695,9	89,0
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Zn+Cu+эпин	58,4	9,9	11,3	1,4	26,0	9,3	7047,2	93,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	52,0	8,4	9,2	1,4	29,7	7,2	5436,5	75,6
N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀	56,0	9,0	9,8	1,6	28,5	8,8	6064,5	82,7
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₂₀	56,5	9,5	11,0	1,7	27,1	8,8	6771,8	89,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Zn+Cu+эпин	52,0	9,1	8,9	1,4	28,5	7,5	5946,8	82,1
N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Zn+Cu+эпин	57,0	9,8	9,7	1,7	28,2	10,4	6675,4	90,2
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Zn+Cu+эпин	57,9	10,4	11,4	1,8	28,2	10,6	7187,5	96,7
HCP _{0,05}	3,2		1,08	0,37	1,24	1,56		

Сырой жир является источником энергии, образования жирных кислот, носителем жирорастворимых витаминов. Содержание его в сухом веществе большинства кормов не превышает 4 % [4]. Выше содержание жира было при внесении повышенных доз азотных (80 и 100 кг/га д.в.) и фосфорных (60 кг/га д.в.) удобрений – 1,6–1,8 %.

Сырая клетчатка играет в рационах животных роль источника энергии, а также обеспечивает нормальные процессы пищеварения. В сухом веществе рационов для крупного рогатого скота оптимальное содержание сырой клетчатки составляет 22–27 % [4]. В нашем опыте во всех вариантах с дозой фосфора 60 кг/га д.в. содержание клетчатки выше оптимального для КРС (27,1–29,7 %). На фоне P₂O₅ 40 кг/га д.в. применение микроэлементов и эпина позволило приблизить этот показатель к оптимальному уровню (25,8–27,2 %).

Если корма предназначены для силосования, среди БЭВ специально определяют в них содержание растворимых углеводов. В наших исследованиях практически во всех вариантах с применением микроэлементов и эпина отмечено большее содержание сахара, чем в аналогичных вариантах без обработки. В посевах первой декады июля выше этот показатель был при внесении N₈₀P₄₀K₁₂₀ + Zn+Cu+эпин (11,8 %).

Продуктивность с.-х. животных зависит не только от принятого количества сухого вещества, но и от концентрации энергии в потребленных кормах. Поэтому в настоящее время рекомендовано оценивать корма в величинах обменной энергии, представляющей часть энергии корма, которую организм животного использует для обеспечения жизнедеятельности и образования продукции [5]. Выход обменной энергии с гектара увеличивался при повышении дозы азотных и фосфорных удобрений, применении микроэлементов и эпина. При этом максимальной величины указанный показатель достигает в варианте N₁₀₀P₆₀K₁₂₀ + Cu+Zn+эпин (96,7 ГДж/га).

Применение N₈₀₋₁₀₀P₄₀₋₆₀ и обработка посевов микроэлементами и эпином также привели к повышению выхода кормовых единиц с гектара. Наибольшим этот показатель был при внесении N₁₀₀P₄₀K₁₂₀ + Cu+Zn+эпин (7047,2 к.ед./га) и N₁₀₀P₆₀K₁₂₀ + Cu+Zn+эпин (7187,5 к.ед./га).

В результате исследований установлено, что в условиях северо-востока Беларуси посевы сорго сахарного первой декады июля формируют высокую урожайность зеленой массы (до 58,4 т/га) и сухого

вещества (до 10,4 т/га). Внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в дозе $N_{100}P_{60}K_{120}$ и применение микроэлементов и эпина позволяет получить продукцию высокого качества (содержание сырого протеина 11,4 %, сырого жира 1,8 %, сырой клетчатки 28,2 %, сахара 10,6 %, выход к. ед./га – 7187,5, сбор обменной энергии составил 96,7 ГДж/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата: в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь: выполнение работ по проекту СЕЕF2016-071-BL в рамках Службы предоставления экспертных услуг / В. Мельник [и др.] // ClimaEast [Электронный ресурс]. – Минск-Женева, 2017. – Режим доступа: <http://minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf>. – Дата доступа: 10.12.2018.
2. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых культур. Сборник отраслевых регламентов. Утвержден на НТС Министерства с.-х. и продовольствия РБ / Под общ. ред. акад. В. Г. Гусакова, д-ра с.-х. наук Ф. И. Привалова, Минск. – 210 с.
3. Протеин / РГАУ-МСХА. Зооинженерный факультет [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/protein>. – Дата доступа: 20.04.2017
4. Химический состав кормов / РГАУ – МСХА. Зооинженерный факультет [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/ximicheskij-sostav-kormov>. – Дата доступа: 20.04.2017.
5. Энергия питательности корма // РГАУ – МСХА. Зооинженерный факультет [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/energiya-pitatelnosti-korma>. – Дата доступа: 20.04.2017.

УДК:631.85

ПРОБЛЕМА ФОСФОРА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ БЕЛАРУСИ

И. М. БОГДЕВИЧ, д-р с.-х. наук, профессор,
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

Фосфор является одним из наиболее важных и дефицитных элементов минерального питания растений. Недостаток доступных растениям форм фосфора в мире наблюдается на 67 % площади почв сельскохозяйственного назначения на фоне истощения легкодоступных месторождений этого элемента [1].

Содержание подвижных форм фосфатов является одним из основных признаков окультуренности дерново-подзолистых почв [2–4]. Фосфор является важнейшим элементом питания растений, определяющий величину и качество полезной продукции, энергетический баланс и состав органических соединений в растении. Несмотря на способность накапливаться в почвах, содержание подвижных фосфатов сильно изменяется в зависимости от характера интенсификации земледелия. Обеспеченность почв фосфором по полям и участкам в настоящее время различается почти на порядок, в условиях высокой стоимости фосфорных удобрений и сложного экономического состояния хозяйств [5]. Существенны различия и в урожайности культур в зависимости от уровня плодородия почв и факторов интенсификации производства. За последние годы различия среднегодовых уровней урожайности зерновых культур даже по районам достигали 3–4 раз.

Возрастает значимость рационального использования удобрений с учётом агрохимических свойств почв. Важным становится дозированное внесение фосфорных удобрений по полям и участкам из расчёта формирования возможного урожая и оптимальных параметров содержания подвижных форм фосфора почве.

Целью настоящей работы является критический анализ научной информации по динамике обеспеченности пахотных и луговых почв подвижными фосфатами за последние полвека в сопоставлении с оптимальными параметрами и уровнем внесения органических и минеральных удобрений. Используются результаты полевых опытов по оптимизации фосфатного статуса дерново-подзолистых почв, проведённых с участием автора.

Динамика обеспеченности почв фосфором. Пахотные и луговые почвы Беларуси характеризовались крайне низким исходным содержанием подвижных фосфатов. Начало химизации земледелия относится к первой половине 60-х годов прошлого столетия, когда на гектар пашни приходилось по 50–60 кг суммы NPK, в том числе 18–20 кг P_2O_5 . Средневзвешенное содержание подвижных фосфатов (по Кирсанову) в дерново-подзолистых пахотных почвах тогда составило 52 мг P_2O_5 на кг почвы. В сумме за 10 лет в почву поступило сверх выноса 170 кг P_2O_5 , что сопровождалось заметным повышением содержания подвижных фосфатов к 1970 году до 77 мг/кг почвы.

В результате применения высоких доз фосфорных и органических удобрений за период 1970–1992 гг. средневзвешенное содержание подвижных фосфатов в пахотных почвах Беларуси повысилось в 2,5 раза и составило 188 мг P_2O_5 на кг почвы. Однако в дальнейшем обеспеченность почв фосфором снизилась (рис. 1).

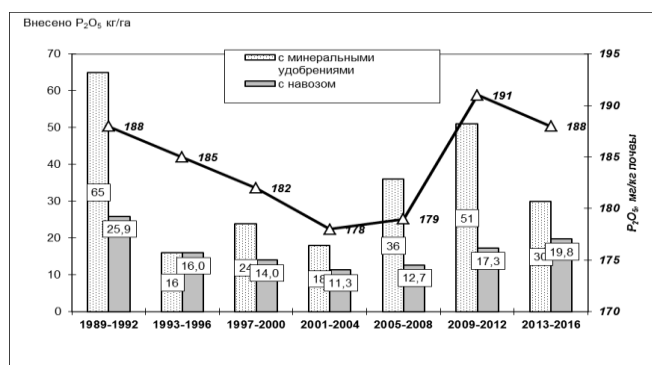


Рис. 1. Динамика среднегодового внесения фосфора (P_2O_5 кг/га) с минеральными и органическими удобрениями и средневзвешенного содержания подвижных фосфатов в пахотных почвах Беларуси (1989–2016 гг.)

Наибольшее снижение уровня содержания подвижных фосфатов на пашне до уровня 178 мг/кг почвы, пришлось на период 2001–2004 гг., когда среднегодовое поступление фосфора с минеральными и органическими удобрениями уменьшилось соответственно до 18,0 и 11,3 кг P_2O_5 на гектар. За период 2005–2012 гг. удалось восстановить повышенный уровень обеспеченности пахотных почв фосфором, но в последние годы, снова наблюдается отрицательный баланс фосфора.

На улучшенных сенокосах и пастбищах, где ежегодные дозы внесения не превышают 2–5 кг P_2O_5 на гектар, уже длительный период наблюдается почти равновесное содержание подвижных фосфатов на уровне 110–126 мг P_2O_5 на кг почвы.

Оптимальные параметры содержания фосфатов в почвах и эффективность удобрений. По данным многолетних полевых опытов Института почвоведения и агрохимии, проведенных в 1970–1980 гг., увеличение содержания фосфора в почве сопровождалось достоверным приростом продуктивности севооборотов вплоть до 200–250 мг/кг на супесчаных и 300 мг/кг на суглинистых почвах. Соответственно, на каждые 10 мг P_2O_5 на кг почвы продуктивность севооборота повышалась на 66 и 79 к. ед.

Известно, что по мере интенсификации земледелия усиливается реакция растений на содержание подвижных фосфатов в почве и на дозы фосфорных удобрений. Анализ результатов (2001–2007 гг.) специально спланированных полевых опытов позволил скорректировать в сторону повышения диапазоны оптимального содержания подвижных фосфатов. Для супесчаных, подстилаемых суглинками почв – до уровня 250–300 мг/кг, а суглинистых почв – до уровня 300–350 мг P_2O_5 на кг почвы [6]. Прирост продуктивности севооборота вследствие повышения содержания подвижных фосфатов на каждые 10 мг P_2O_5 на кг почвы оценивается около 120 к. ед./га.

Увеличение содержания подвижных фосфатов в почве способствует существенному повышению эффективности минеральных удобрений, особенно азотных и калийных. При повышении содержания подвижных фосфатов в супесчаной почве от низкого до оптимального уровня, прибавки урожайности зерна яровой пшеницы от азотных и калийных удобрений возрастают, практически вдвое [7]. Характерно, что высокая окупаемость фосфорного удобрения прибавкой урожайности наблюдается в диапазоне от среднего до нижней границы оптимального содержания подвижных фосфатов: 117–200 мг P_2O_5 на кг почвы (рис. 2). При высоком содержании подвижных фосфатов в почве эффективность фосфорных удобрений резко снижается. Повышение эффективности азотных удобрений при улучшении обеспеченности почв фосфором отмечено в ряде исследований [2, 3]. Однако, известно, что накопление избытка подвижных фосфатов в почвах приводит к снижению эффективности азотных и калийных удобрений и другим негативным экологическим последствиям [8,9]. Следует отметить, что наибольшее содержание белка и клейковины в зерне злаковых культур и лучший аминокислотный состав белка в наших опытах был получен на почвах в оптимальном диапазоне обеспеченности подвижными фосфатами и калием [7].

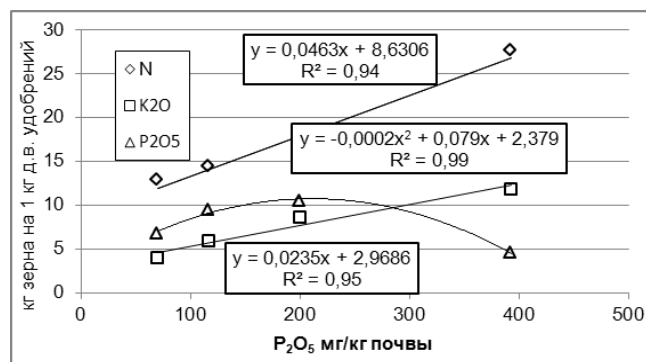


Рис. 2. Эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений (P60) в зависимости от содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой суглинком почве

Увеличение содержания сырого протеина в зерне яровой пшеницы на 1,3–1,5 %, а клейковины на 4–6 % наблюдалось по мере повышения содержания подвижных фосфатов с 70 до 200 мг/кг почвы. А содержание белка в зерне гороха повышалось на 1,9–2,5 % и озимой тритикале на 0,5–1,1 % при содержании P₂O₅ от 200 до 300 мг/кг почвы.

Оптимизация фосфатного статуса весьма важна на загрязненных радионуклидами землях. В наших опытах повышение обеспеченности связносупесчаной фосфором от 70 до 393 мг P₂O₅ на кг почвы сопровождалось снижением перехода ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в зерно пшеницы в 1,5–1,6 раза. Расчетный минимум накопления радионуклидов в зерне был в диапазоне 300–310 мг P₂O₅/кг почвы [10].

Улучшение обеспеченности почв фосфором значительно повышает экономическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур. Например, прибыль, полученная при возделывании яровой пшеницы на варианте сбалансированного удобрения N₁₁₀P₆₀K₁₂₀, увеличивается со 175 до 625 долларов США с гектара, по мере повышения содержания подвижных фосфатов в почве от 70 до 400 мг/кг почвы. Доля прибыли, полученная за счет удобрений, составляет 54–59 %.

Анализ результатов крупномасштабного агрохимического обследования показал существенное повышение плодородия основных массивов пахотных и луговых почв республики. В последние несколько лет обозначились локальные негативные тенденции подкисления и дегумификации почв, повышения контрастности в обеспеченности почв подвижными формами макро- и микроэлементов. Нарастающий дефицит подвижных форм фосфора в пахотных и луговых почвах является следствием несбалансированной интенсификации земледелия, резкого снижения объема фосфорных удобрений на фоне невысоких доз органических удобрений и повышенных доз азота. Обоснована необходимость увеличения ресурсов фосфорных удобрений и более эффективного их использования, путём перераспределения в районы с потенциально высокой окупаемостью прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур. Обсуждаются меры повышения эффективности капиталовложений при воспроизводстве плодородия пахотных и луговых почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Batjes, N. H. 1997. A world dataset of derived soil properties by FAO–UNESCO soil unit for global modelling. *Soil Use Manage.*
2. Оптимальные параметры плодородия почв / Кулаковская Т. Н. [и др.]. М.: Колос. 1984. – 271 с.
3. Вильдфлуш, И. Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В. В. Лапа. – Минск: Хата, 1999. – 196 с.
4. Сычёв, В. Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России. М.: ЦИНАО, – 2000. – 187 с.
5. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / Богдевич И. М. [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – 2016. – 288 с.
6. Динамика и оптимизация фосфатного статуса пахотных почв Беларуси в зависимости от уровня интенсификации земледелия / И. М. Богдевич, И. Д. Шмигельская [и др.]. // *Почвоведение и агрохимия.* – 2008. – № 1(40). – С. 104–116.
7. Богдевич, И. М. Зависимость урожайности и качества продукции зерновых культур от обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв фосфором и доз минеральных удобрений / И. М. Богдевич, В. А. Микулич, Г. И. Каленик // *Почвоведение и агрохимия.* – 2010. – № 2 (45). – С. 55–72.
8. Bergmann, W. Nutritional disorders of plants / W. Bergmann, G. Fisher. New York. 1992. – 741 p.
9. Титова, В. И. Оптимизация применения азотных и калийных удобрений на почвах с высоким содержанием фосфора / В. И. Титова // *Пермский аграрный вестник.* 2018. – №1 (21). – С. 87–92.
10. Bogdevitch, I. Fertilization as a Remediation Measure on Soils Contaminated with Radionuclides ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr / I. Bogdevitch et al. / *Fertilizing Crops to Improve Human Health. Volume 3: Risk Reduction.* – Paris. – 2012. – IPNI/IFA. – P. 275–290.

ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА И ОКУПАЕМОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ В ДЛИТЕЛЬНОМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ

Т. Ю. БОРТНИК, канд.с.-х. н., доцент,
А. С. БАШКОВ, д-р с.-х. н., профессор,
ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия
г. Ижевск, Россия

В обеспечении продовольственной безопасности страны важное значение имеет устойчивое развитие земледелия, сохранение плодородия почв и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Одно из необходимых условий при этом – научно обоснованное применение органических и минеральных удобрений [1, 2, 3, 4]. Основными требованиями к системам удобрений являются повышение их окупаемости, снижение затрат на применение и эффективное использование достигнутого потенциала плодородия почв [5]. В связи с этим сравнение систем удобрений на базе длительных полевых опытов является в настоящее время весьма актуальным [6, 7].

Обобщение результатов длительных исследований в севооборотах на дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны России показывает высокую эффективность органоминеральных систем удобрения [4]. Для повышения окупаемости удобрений необходимо сочетать их применение с жёстким соблюдением технологии возделывания, которая включает в себя использование высокопродуктивных сортов, применение современных средств защиты растений и др.[8].

Статья написана по данным длительного полевого опыта кафедры агрохимии и почвоведения Ижевской ГСХА, который был заложен в 1979 г. на опытном поле АО «Учхоз «Июльское» Воткинского района Удмуртской Республики. Данный опыт входит в Геосеть РФ [9].

Схема опыта включает 17 вариантов: 1. Без удобрений; 2. Известь по 1,0 Н_г; 3. Известь + N₁P₁; 4. Известь + N₁K₁; 5. Известь + P₁K₁; 6. Известь + N₁P₁K₁; 7. N₁P₁K₁; 8. Известь + навоз 40 т/га + N₁P₁K₁; 9. Известь + навоз 40 т/га + N_{1,5}P_{1,5}K_{1,5}; 10. Известь + навоз 40 т/га; 11. Известь + N₁P₁K₁ + NPK экв. навозу; 12. Известь + навоз 20 т/га + N₁P₁K₁; 13. Известь + навоз 40 т/га + N₁P₁K_{0,5}; 14. Известь + навоз 40 т/га + N₁P_{1,5}K₁; 15. Известь + навоз 40 т/га + N_{1,5}P₁K₁; 16. Известь + навоз 40 т/га + N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}; 17. Известь + N_{0,5}P_{0,5}K_{0,5}.

Повторность четырёхкратная с рендомизированным размещением вариантов. Исследования проводятся в севообороте: викоовсяная смесь – озимые зерновые – пропашные – ячмень. Дозы минеральных удобрений определены по зональным рекомендациям [10]; соотношения, указанные в схеме, выдержаны во все годы исследований. Удобрения (аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий) вносили весной перед посевом. Известь в дозе по 1,0 Н_г, вносили один раз в восемь лет. Подстилочный полуперепревший навоз КРС вносили один раз в четыре года под пропашные. Учеты, наблюдения и анализы проводили в соответствии с общепринятыми методиками.

Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая на красно-буром опесчанном суглинке; содержание гумуса 2,15 %; рН_{KCl} 5,25; S – 10,8 ммоль/100 г; Н_г – 2,75 ммоль/100 г; Р₂O₅ и К₂O по Кирсанову соответственно 69 и 91 мг/кг почвы.

Землепользование Учхоза «Июльское» расположено в Среднем Предуралье (южно-таежная подзона таежно-лесной зоны). Средняя многолетняя годовая температура воздуха 1,5 °С; продолжительность вегетационного периода с температурой более 10 °С – 123 дня; сумма активных температур – 1900–2000 °С; средняя многолетняя сумма осадков за год – 475–500 мм, за вегетационный период – 250–270 мм [11].

В статье представлены результаты по продуктивности культур севооборота за VII-IX и частично X ротации. На рис. 1 и 2 представлено обобщение урожайных данных 2005–2017 гг. в зерновых единицах (с учётом соломы) по наиболее ярким вариантам систем удобрений.

По средним данным за три ротации применение всех систем удобрений способствовало существенному увеличению продуктивности относительно абсолютного контроля – на 1,39–2,83 т з.е. в среднем за год. Систематическое известкование без удобрений не дало достоверной прибавки. На более существенно на продуктивность повлиял азот – от его внесения на фоне известкования в варианте 6 по сравнению с вариантом 5 получено дополнительно 1,04 т з.е./га. Эффективно также систематическое внесение фосфора в составе полного минерального удобрения – прибавка от его применения составила 0,76 т з.е./га.

Органическая система удобрений на фоне известки способствовала получению дополнительно 1,07 т з.е./га, однако она уступала органоминеральной системе, где прибавки продуктивности составили 1,67–2,82 т з.е./га. Следует отметить, что увеличение в органоминеральной системе доз NPK в 1,5

раза не способствовало достоверному повышению продуктивности; в то же время снижение доз до половинных привело к достоверному уменьшению продуктивности на 0,67 т з.е./га.

Было выявлено также существенное положительное влияние минеральной системы удобрений на фоне известкования – вариант 11, где получена наибольшая прибавка продуктивности – 2,83 т з.е./га, однако органоминеральные системы удобрений с полными дозами NPK и внесением навоза 40 т/га один раз в ротацию на фоне известки (варианты 8, 9, 14 и 15) не уступают этому варианту.

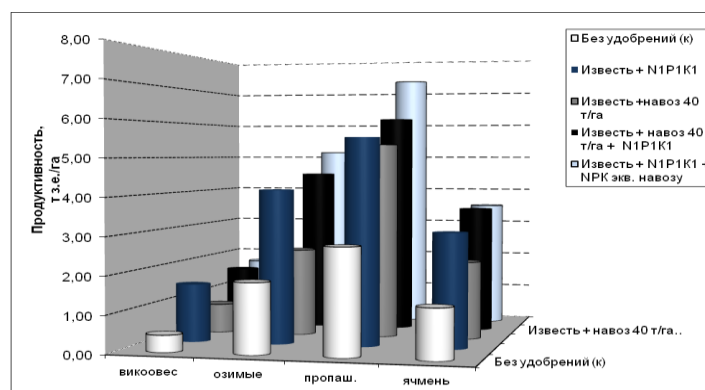


Рис. 1. Влияние систем удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, т з.е./га (АО Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА, 2005–2017 гг.)

Продуктивность культур в зависимости от используемых систем удобрений по основным вариантам опыта наглядно представлена на рис. 1. Как видно, наиболее высокую отзывчивость на удобрения показали пропашные и озимые культуры, где прибавки продуктивности наиболее высокими. Однако если рассмотреть прибавки продуктивности культур, выраженные в % по отношению к абсолютному контролю (рис. 2), то можно отметить, что наибольшую отзывчивость на удобрения показала викоовсяная смесь, возделываемая на зелёную массу. Несмотря на короткий вегетационный период, однолетние травы под влиянием органоминеральной системы удобрений в течение трёх лет давали урожайность, в два и три раза превышающую показатели абсолютного контроля, особенно при достаточном количестве осадков в первую половину вегетации. Однако эта культура показала относительно невысокую отзывчивость на применение подстилочного навоза (третий год последствия) – средняя прибавка в этом варианте составила 78 % к абсолютному контролю. На органическую систему удобрения более ярко реагировали пропашные культуры; здесь среднее увеличение урожайности относительно контроля составило 92 %.

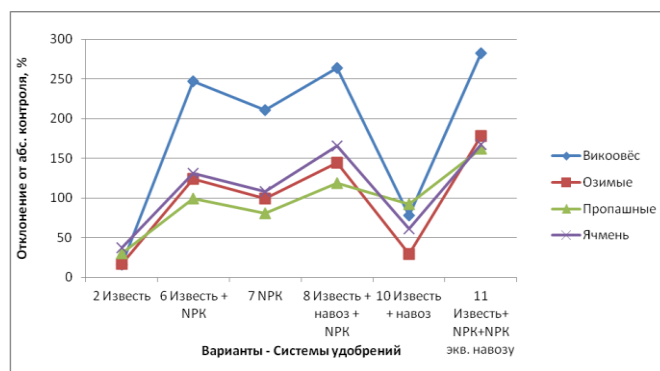


Рис. 2. Прибавка урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием систем удобрений, % (АО Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА, 2005–2017 гг.)

В среднем за три ротации севооборота наиболее высокая продуктивность получена при использовании органоминеральных систем удобрений на фоне известкования, в составе которых внесение навоза 40 т/га один раз в ротацию и $N_{53}P_{49}K_{50}$ в среднем ежегодно.

Представляло интерес рассмотреть окупаемость внесённых минеральных удобрений в среднем за три ротации севооборота. Наиболее высокая окупаемость полного минерального удобрения получена по озимым зерновым культурам – в пределах 12,2–19,7 кг з.е./кг д.в. NPK. Парные сочетания дали высокую окупаемость только при применении азота; сочетание РК показало окупаемость только 4,3 кг з.е./кг д.в. Такие данные связаны в первую очередь с высокой отзывчивостью озимой тритикале

на удобрения, которая дала в 2014 г. прибавки к контролю около 200 %. В среднем окупаемость 1 кг NPK по озимым культурам составила 14,9 кг з.е.

По остальным культурам севооборота получены близкие величины окупаемости минеральных удобрений, в среднем по вариантам опыта: викоовсяная смесь – 7,9 кг з.е.; пропашные культуры – 6,3 кг; ячмень – 7,0 кг з.е./кг д.в. В среднем по севообороту за 2005–2017 гг. окупаемость 1 кг NPK составила 9,0 кг з.е. Это довольно высокий показатель, так как для производства Удмуртской Республики средняя оплата урожаем зерновых культур 1 кг NPK составляет 4,3 кг зерна [3].

Расчёт окупаемости подстильного навоза по данным длительного опыта показал, что в прямом действии 1 т навоза способствовала получению 135 кг картофеля в 2007 г., 95 кг картофеля в 2015 г. и 368 кг кормовой свёклы в 2011 г. В среднем за севооборот окупаемость 1 т подстильного навоза составила 43,5 кг з.е.

В среднем за три ротации севооборота под влиянием длительного использования систем удобрений получено существенное увеличение продуктивности культур – на 1,39–2,83 т з.е. в год.

Органическая система удобрений на фоне извести способствовала получению дополнительно 1,07 т з.е./га, однако она значительно уступает органоминеральной системе, где прибавки продуктивности составляют 1,67–2,82 т з.е./га.

Наиболее высокую отзывчивость на удобрения показали пропашные и озимые зерновые культуры, а также викоовсяная смесь.

В среднем по севообороту за 2005–2017 гг. окупаемость 1 кг NPK составила 9,0 кг з.е.; окупаемость 1 т подстильного навоза – 43,5 кг з.е.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минеев, В. Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В. Г. Минеев, Е. Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
2. Башков, А. С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – 328 с.
3. Безносков, А. И. Плодородие почв и использование удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии Удмуртской Республики: монография / А. И. Безносков. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 76 с.
4. Мёрзлая, Г. Е. Эффективность органоминеральных систем удобрения / Г. Е. Мёрзлая, И. В. Понкратенкова // Плодородие. – 2016. – № 2 (89). – С. 25–28.
5. Титова, В. И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях / В. И. Титова // Агрохимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2–7.
6. Лукин, С. М. Сравнительная эффективность различных систем удобрения при длительном их применении в севооборотах / С. М. Лукин, Г. Е. Мёрзлая // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 42–47.
7. Success Stories of Agricultural Long-term Experiments / Report from a conference at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry 28-29 May 2007. – KUNGL. SKOGS-OCH LANTBRUKSACADEMIENS. – Nummer 9. – 2007. – 108 p.
8. Сычёв, В. Г. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. / В. Г. Сычёв, С. А. Шафран, Т. М. Духанина // Плодородие. – 2016. – № 2. – С. 5–7.
9. Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации. – М.: ВНИИА, 2005. – 196 с.
10. Адаптивно-ландшафтная система земледелия / Под ред. В. М. Холзакова и др. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2002. – 479 с.

УДК: 631.8:633.358

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ В ПОСЕВАХ ГОРОХА

И. В. БУГРЕЙ., канд. с.-х. наук,
Донской государственный аграрный университет,
пос. Персиановский, Россия

Анализ современного состояния земельного фонда показал, что существующая интенсивная многозатратная система ведения хозяйства в настоящее время ведет к дальнейшему ухудшению экологической обстановки, ускоренному развитию эрозионных и дефляционных процессов, снижению плодородия почв, а в целом к дальнейшей деградации сельскохозяйственных угодий. Такая форма хозяйствования, без учета природных условий, отрицательно сказывается и на экономических показателях хозяйства, ведет к увеличению затрат, которые не покрываются стоимостью реализованной продукции, что в конечном итоге ведет к неконкурентной способности этой продукции [1]. Осложнившиеся в настоящее время экономико-экологические проблемы требуют больших изменений, применяемых технологий в сторону их биологизации и ресурсосбережения при обеспечении прибыльности сельскохозяйственного производства.

Это открывает пути к разработке новых направлений при возделывании сельскохозяйственных культур с применением биопрепаратов.

Цель и задачи исследований. Выявить влияние биопрепаратов Speedfol, Ризоплан и штамма ризобактерий в посевах гороха на основе комплексного изучения параметров роста, развития растений и урожайности семян для выращивания в богарных условиях Приазовской зоны Ростовской области.

В соответствии с целью исследований были поставлены задачи:

изучить агробиологические особенности сортообразцов гороха;

установить особенности формирования вегетативной массы, параметров роста и урожайности гороха в зависимости от применения биопрепаратов.

Опыты по исследованию сортов гороха зернового направления проводили в 2017 г. на полях Донского сортоиспытательного центра Дон ГАУ, Октябрьского (с) района Ростовской области. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, карбонатный, малогумусный. Норма посева гороха составила 100 семян на м². Повторность опыта трехкратная. Расположение вариантов последовательное. Площадь делянки 4 м². Метод исследований лабораторный и лабораторно – полевой. Технология выращивания культуры – общепринятая для зоны возделывания.

Изучали усатые сорта гороха Аксайский усатый 5, Атаман, и листочковый сорт гороха – Кадет. За стандарт принят афилльный сорт гороха Аксайский усатый 5.

Инокуляцию семян гороха штаммом бактерий провели в день посева с нормой расхода 300 г/ га. Поверхностную обработку растений препаратом Speedfol провели в фазу цветения с нормой расхода 14 мл/1л воды, препаратом Ризоплан – в фазу 4–6 листьев с нормой расхода 1мл/кг. Уборка гороха была проведена вручную.

Посев гороха в 2017 году провели 12 апреля во влажную почву, начало всходов отмечено через 16 дней. Затяжные всходы вызваны не недостатком влаги, а низкими температурами почвы и воздуха. Согласно исследованиям И. Б. Молчанова и И. В. Григоренко [2], в большей степени растения гороха в период посев – всходы реагируют, именно, на температурный режим.

Полные всходы гороха появились 30 апреля при среднесуточной температуре воздуха 9,4 °С.

Густота стояния является важным фактором высокопродуктивных посевов гороха, она зависит от полевой всхожести и общей выживаемости семян и растений (табл. 1).

Наиболее приспособленными к климатическим условиям зоны исследований оказались растения гороха сорта Аксайский усатый 5 с наибольшим количеством сохранившихся растений к уборке – 90 шт/м², или 94,7 %, при худшей всхожести посевного материала. Самый низкий процент сохранившихся растений, относительно взошедших, отмечен у усатого сорта гороха Атаман – 91,7 %.

Инокуляция семян способствовала увеличению всхожести растений на 1–2 %, сохранности растений гороха сорта Аксайский усатый 5 – на 1,2 %, сорта Атаман – на 4,2 %, сорта Кадет – на 1,1 %. Обработка растений биопрепаратами Speedfol и Ризоплан способствовала также лучшей сохранности гороха к уборке.

Таблица 1. Всхожесть семян и сохранность растений к уборке

Вариант	Всхожесть		Сохранность к уборке	
	шт./м ²	%	шт./м ²	%
Аксайский усатый 5 (контроль)	95	95	90	94,7
Аксайский усатый 5 + инокуляция	97	97	93	95,9
Аксайский усатый 5 + Speedfol	95	95	91	95,8
Аксайский усатый 5 + Ризоплан	94	94	90	95,7
Атаман без обработки	96	96	88	91,7
Атаман + инокуляция	98	98	94	95,9
Атаман + Speedfol	95	95	89	93,7
Атаман + Ризоплан	96	96	92	95,8
Кадет без обработки	97	97	90	92,8
Кадет + инокуляция	98	98	92	93,9
Кадет + Speedfol	96	96	90	93,8
Кадет + Ризоплан	97	97	91	93,8

Рост и развитие растений является важнейшим интегральным показателем биологических особенностей, закрепленных в генотипе, и отражает реакцию растений на изменения факторов внешней среды, которые прямо или косвенно на них воздействуют. Погодные условия в период роста и развития растений гороха складывались сравнительно неплохо.

Из табл. 2 видно, что самыми высокими, на протяжении всего периода вегетации, были растения гороха усатого сорта Аксайский усатый 5.

Таблица 2. Динамика роста растений гороха, см

Вариант	4–6 листьев	Бутионизация	Цветение –плодо- образование	Полная спелость
Акса́йский усатый 5 (контроль)	14,5	56,5	65,1	75,5
Акса́йский усатый 5 + инокуляция	14,8	59,0	66,3	75,8
Акса́йский усатый 5 + Speedfol	14,4	56,7	67,7	78,0
Акса́йский усатый 5 + Ризоплан	14,6	61,8	70,2	83,0
Атаман без обработки	13,0	32,5	44,5	56,9
Атаман + инокуляция	12,9	31,3	47,0	60,0
Атаман + Speedfol	13,8	36,5	47,8	61,8
Атаман + Ризоплан	14,0	39,0	50,9	64,6
Кадет без обработки	13,3	32,0	42,6	59,2
Кадет + инокуляция	13,4	32,2	42,0	58,8
Кадет + Speedfol	13,5	34,8	45,7	60,4
Кадет + Ризоплан	14,0	37,5	50,1	63,5

Исследованиями установлено, что в фазу 4–6 листьев на варианте с проведением инокуляции семян растения всех сортов гороха были несколько выше необработанных. В фазу бутонизации применение препарата Ризоплан способствовало стимуляции роста растений всех сортов гороха. Прибавка относительно вариантов без обработки составила у растений гороха сорта Аксайский усатый 5–5,3 см, сорта Кадет – 5,5 см, сорта Атаман – 6,5 см. В период цветения–плодообразование и полную спелость большую высоту имели растения гороха на варианте с опрыскиванием растений препаратом Ризоплан.

Одним из важных показателей технологичности сорта является коэффициент полегания, который мы определили, разделив высоту наклоненных растений в естественных условиях на высоту распрямленных растений.

Одним из важных недостатков листовых сортов гороха является высокая степень полегания. Непрочный стебель, слаборазвитые усики не удерживают растения в вертикальном положении.

Установлено, что уменьшение высоты растений в результате селекции физиологически компенсируется в производственном процессе повышением их устойчивости к полеганию [3]. Сорта с короткими и толстыми междоузлиями технологичнее по сравнению с ранее районированными высокорослыми сортами [4].

Для оценки этой важной характеристики сортов гороха в проводимых опытах степень полегания растений определяли дважды: в фазе цветения и при наступлении полной спелости зерна (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент полегания сортов гороха

Вариант	Фаза цветения	Полная спелость
Акса́йский усатый 5 (контроль)	0,70	0,46
Акса́йский усатый 5 + инокуляция	0,70	0,45
Акса́йский усатый 5 + Speedfol	0,69	0,44
Акса́йский усатый 5 + Ризоплан	0,69	0,43
Атаман без обработки	0,90	0,65
Атаман + инокуляция	0,91	0,65
Атаман + Speedfol	0,91	0,64
Атаман + Ризоплан	0,91	0,63
Кадет без обработки	0,71	0,41
Кадет + инокуляция	0,73	0,40
Кадет + Speedfol	0,72	0,40
Кадет + Ризоплан	0,70	0,37

В фазе цветения коэффициент полегания растений листового сорта гороха Кадет составил 0,71, в полную спелость зерна – 0,41. Преимущество низкорослого аффильного сорта гороха Атаман по устойчивости к полеганию, наблюдаемое в фазе цветения, сохранялось и при созревании. Применение биопрепаратов несколько усилило полегание сортов гороха.

В 2017 г. все изучаемые образцы гороха обеспечили неплохую урожайность зерна. Большая урожайность была получена усатыми сортами гороха Аксайский усатый 5 – 3,48 т/га и Атаман – 3,36 т/га. Применение биопрепаратов способствовало увеличению продуктивности сортов гороха: у сорта Аксайский усатый 5 на 0,22–0,44 т/га, сорта Атаман на 0,32–0,48 т/га, сорта Кадет – на 0,35 и 0,50 т/га.

Следует отметить, что у аффильных сортов гороха лучшая прибавка урожайности отмечена на вариантах с применением биопрепарата Speedfol, у листового сорта при обработке вегетирующих растений препаратом Ризоплан (табл. 4).

Таблица 4. Биологическая урожайность гороха, т/га

Сорта	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля
Аксайский усатый 5 без обработки	3,48	–
Аксайский усатый 5 + инокуляция	3,70	+ 0,22
Аксайский усатый 5 + Speedfol	3,92	+ 0,44
Аксайский усатый 5 + Ризоплан	3,90	+ 0,42
НСР₀₅	0,33	
Атаман без обработки	3,36	–
Атаман + инокуляция	3,72	+ 0,32
Атаман + Speedfol	3,84	+ 0,48
Атаман + Ризоплан	3,79	+ 0,43
НСР₀₅	0,32	
Кадет без обработки	3,02	–
Кадет + инокуляция	3,37	+ 0,35
Кадет + Speedfol	3,44	+ 0,42
Кадет + Ризоплан	3,52	+ 0,50
НСР₀₅	0,30	
Аксайский усатый 5 (контроль)	3,48	–
Атаман	3,36	- 0,12
Кадет	3,02	- 0,46
НСР₀₅	0,30	

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорожко, Г. Р. Продуктивность звеньев зернопропашного севооборота на выщелоченном черноземе в зависимости от способов основной обработки почвы / Г. Р. Дорожко, А. И. Тивиков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 426–426.
2. Молчанов, И. Б. Влияние гидротермических факторов на урожайность ярового гороха в северной зоне Краснодарского края на черноземе западного Предкавказья / И. Б. Молчанов, И. В. Григоренко // Материалы научно-практической конференции. – п. Персиановский. – 2006. – С 57.
3. Амелин, А. В. Физиологические основы селекции гороха / А. В. Амелин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1 – С. 46–52.
4. Лукашевич, Н. П. Возделывание гороха и вики в Беларуси / Н. П. Лукашевич, Л. И. Белявская, С. А. Турко // Зерновые культуры. – 2001. – № 1. – С.16–17.

УДК 633.11:631.5

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

А. С. БУДЬКО, аспирант,

Э. П. УРБАН, доктор с.-х. наук, доцент, член-корреспондент НАН Беларуси,

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,

г. Жодино, Республика Беларусь

Согласно доктрине продовольственной безопасности Республики Беларусь актуальность адаптивной концепции в нынешнее время резко возросла. Особую важность и значимость адаптивная концепция приобретает на фоне прогнозов международных экспертов ВОЗ и ФАО о кризисе в обеспечении значительной части населения продовольствием и пресной водой – этой важнейшей составляющей экологической проблемы, обострившейся из-за глобального изменения климата и аридизации многих регионов планеты [1].

Составной частью адаптивного растениеводства сельскохозяйственных растений являются селекция и семеноводство.

В целом, направление адаптивной системы селекции стало приоритетным во всем мире, выступая в качестве одного из важнейших факторов перехода к адаптивному растениеводству. При этом суть адаптивной системы селекции заключается в разработке методов эндогенного и экзогенного управления адаптивными реакциями растений с целью повышения продукционных, средообразующих и ресурсовосстанавливающих функций агроэкосистем и агроландшафтов, являющихся воспроизводимым ресурсом биосферы в долговременной перспективе [2].

Адаптивный потенциал – предел устойчивости культурных растений к неблагоприятным факторам: вредителям, сорнякам, болезням, засухе, низкой температуре. Создание сортов с широким адаптивным потенциалом позволяет осуществлять отбор исходного материала в различных экологических нишах [3].

Цель исследований – оценить продуктивный и адаптивный потенциал сортобразцов озимой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» для созда-

ния высокопродуктивных экологически пластичных и стабильных сортов с высокими показателями качества в условиях Республики Беларусь.

Опыты закладывали в селекционном севообороте «Перемежное» Смолевичского района. Посев проводили в первой декаде сентября с нормой высева 4,0 млн всхожих семян на гектар сеялкой Wintersteiger по методике двухфакторного опыта методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности с учетной площадью делянки 10 м². Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная с содержанием гумуса 2,7–3,0%. Кислотность pH (KCl) – 6,0–6,2, содержание P₂O₅ – 190–210 мг/кг, и K₂O – 310–350 мг/кг почвы. Объектом исследования служили сортообразцы озимой пшеницы, изучаемые в питомнике конкурсного сортоиспытания на двух уровнях интенсификации технологии возделывания (табл. 1). Обработку экспериментальных данных проводили методами корреляционного, вариационного и дисперсионного анализа [4], статистическую обработку осуществляли при помощи пакета анализа, входящего в состав Microsoft Excel.

Интенсивная технология возделывания отличается от традиционной тем, что применяется третья азотная подкормка в фазу начала появления флагового листа в дозе 40 кг/га д.в. в сочетании с фунгицидной защитой колоса и дополнительной обработкой растений ретардантом в половинной дозе.

В период исследований сортообразцы озимой мягкой пшеницы оценивали по показателям:

- продуктивности;
- экологической пластичности, т. е. отзывчивость сортообразцов на улучшение условий произрастания;
- интенсивность, т. е. способность к быстрому реагированию на улучшение условий выращивания (например, применение дополнительной подкормки или средств защиты растений) и другим.

Таблица 1. Уровни интенсификации технологии возделывания сортообразцов озимой мягкой пшеницы

Технологические приемы	Традиционная технология	Интенсивная технология
Обеззараживание семян	Протравливание семян	
Внесение фосфора и калия	Осенью (P ₇₅ K ₁₂₀) во всех вариантах общим фоном	
Борьба с сорняками	Осеннее внесение гербицида	
Внесение азотных удобрений	Общим фоном внесение (N ₁₃₀), в т.ч. (N ₂₀) с осени вместе с фосфорными удобрениями	
Подкормки	При возобновлении весенней вегетации (N ₆₀)	
	В фазу конец кущения – начало выхода в трубку (N ₅₀)	
	При появлении флагового листа внесение (N ₄₀)	
Борьба с болезнями	Обработка посевов фунгицидом в фазу флагового листа	
Внесение ретарданта	Половинная доза в фазу конец кущения – начало выхода в трубку	
Борьба с болезнями	Внесение фунгицида в фазу конец колошения – начало цветения	

Максимальную урожайность, при возделывании по традиционной технологии в 2017 году, показали сортообразцы озимой пшеницы под номерами линий 1209-2-1 и 1391, также высокую урожайность показали образцы номер 1385 и 1339-1-1, что соответственно на 9,6 ц/га, 9,2 ц/га и на 7,6 ц/га, 6,9 ц/га выше, чем на стандартном сорте «Элегия» (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сортообразцов озимой мягкой пшеницы, конкурсного сортоиспытания, в зависимости от технологии возделывания ц/га

Номер линии	2017 г.		2018 г.	
	традиционная	интенсивная	традиционная	интенсивная
Элегия (стандарт)	106,3	116,3	56,9	60,6
1372	102,9	112,5	64,1	71,9
1339-1-1	113,2	113,6	49,1	67,7
1385	113,9	114,3	50,4	54,7
1172-3-2	101,1	107,7	57,1	65,2
1228-4-2	111,6	116,1	58,2	71,1
1391	115,5	115,6	62,0	75,0
1338-1-1	110,2	119,3	62,6	79,1
1202-1	110,9	110,9	64,8	78,0
1209-2-1	115,9	120,5	54,7	70,1
1202-2	104,5	107,4	59,0	62,6
1128-4-1	109,5	113,1	65,1	72,9
Среднее	109,6	113,9	58,7	69,1

HCP₀₅ технология – 3,02 ц/га,

HCP₀₅ сорт – 7,40 ц/га,

HCP₀₅ частная средняя – 10,47 ц/га

HCP₀₅ технология – 3,03 ц/га,

HCP₀₅ сорт – 7,41 ц/га,

HCP₀₅ частная средняя – 10,48 ц/га

На интенсивной технологии возделывания наивысшая урожайность отмечена на сортообразцах с номерами линий 1209-2-1 и 1338-1-1 что выше, соответственно, на 4,2 ц/га и 3 ц/га чем на стандарте.

Погодные условия 2018 года сложились менее благоприятно для роста и развития растений, в 2017 году в среднем по изучаемым сортообразцам, урожайность сформировалась выше – на традиционной технологии 50,9 ц/га, и на интенсивной – на 44,8 ц/га.

Максимальную урожайность на традиционной технологии в 2018 году показали образцы озимой пшеницы с номерами линий 1128-4-1 и 1202-1 что, соответственно на 8,2 ц/га, 7,9 ц/га выше, чем на стандарте.

На интенсивной технологии самая высокая урожайность отмечена на образцах номер 1338-1-1 и 1202-1, они превысили стандарт на 18,5 и 17,5 ц/га соответственно.

Как следует из табл. 3, применение третьей азотной подкормки сульфатом аммония в фазу начала появления флагового листа в дозе 40 кг/га д.в. в сочетании с фунгицидной защитой колоса и дополнительной обработкой ретардантом, позволило повысить урожайность у изучаемых сортообразцов в среднем за два года исследований на 7,4 ц/га.

Таблица 3. Средняя урожайность сортообразцов озимой мягкой пшеницы, конкурсного сортоиспытания, в зависимости от технологии возделывания, ц/га (за 2017–2018 гг.)

Номер линии	Традиционная	+,– к стандарту	Интенсивная	+,– к стандарту	Прибавка интенсивной технологии
Элегия (стандарт)	81,6	–	88,5	–	6,9
1372	83,5	1,9	92,2	3,7	8,7
1339-1-1	81,2	-0,4	90,7	2,2	9,5
1385	82,2	0,6	84,5	-4	2,3
1172-3-2	79,1	-2,5	86,5	-2	7,4
1228-4-2	84,9	3,3	93,6	5,1	8,7
1391	88,8	7,2	95,3	6,8	6,6
1338-1-1	86,4	4,8	99,2	10,7	12,8
1202-1	87,9	6,3	94,5	6	6,6
1209-2-1	85,3	3,7	95,3	6,8	10,0
1202-2	81,8	0,2	85,0	-3,5	3,3
1128-4-1	87,3	5,7	93,0	4,5	5,7
Среднее	84,1	–	91,5	–	7,4

Максимальная урожайность на интенсивной технологии возделывания получена на сортообразцах с номерами линий 1338-1-1, 1209-2-1 и 1391, в сравнении со стандартом их урожайность, соответственно, была выше на 12,1 % и 7,7 %.

Повышение уровня интенсификации привело к существенному увеличению урожайности, наибольшую прибавку, 12,8 ц/га и 10 ц/га, показали сортообразцы под номерами 1338-1-1 и 1209-2-1. Также высокой отзывчивостью на улучшение условий произрастания отличились сортообразцы с номерами линий: 1339-1-1, 1372 и 1228-4-2.

На традиционной технологии возделывания за два года исследований максимальную урожайность сформировали образцы номер 1391, 1202-1 и 1128-4-1, что на 8,8 %, 7,7 %, и 7 %, соответственно выше, чем на стандартном сорте «Элегия».

По итогам двухлетних исследований в конкурсном сортоиспытании выделяются, высокопродуктивные способные к быстрому реагированию на улучшение условий выращивания сортообразцы, которые по продуктивности превышают сорт стандарт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие / О. С. Корзун, А. С. Бруйло. – Гродно : ГГАУ, 2011. – 140 с.
2. Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) – М.: Изд-во РУДН, 2001. – 489 с.
3. Кириченко, В. В. Методологические проблемы адаптивной селекции растений / В. В. Кириченко // Адаптивная селекция растений. Теория и практика: Тезисы международной конференции. – Харьков, 2002. – С. 3-7.
4. Доспехов, Б. А. Методика опытного дела / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 415 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКА ЯИЧНОЙ СКОРЛУПЫ В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТА НА СТОЛОВОЙ СВЁКЛЕ

Л. Д. ВАРЛАМОВА, д-р. с.-х. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА»,
г. Нижний Новгород, Россия

Производство яиц в России постоянно возрастает и в 2017 году составило 44,5 млрд штук, в Нижегородской области – 1366,2 млн штук [1]. Наряду с этим активно развивается и производство меланжа как в целом по России, так и в Нижегородской области. Основной отход меланжевого производства – скорлупа яичной стороны, накапливается в огромных количествах, что требует его утилизации. По своей характеристике скорлупа может рассматриваться как известковый материал поскольку содержание в ней карбоната кальция достигает 90 % и более. Кроме того, она содержит в своем составе основные элементы, необходимые для питания растений [2], что свидетельствует о целесообразности использования ее в растениеводстве.

Ранее проведенные нами исследования показали, что в условиях модельных опытов по нейтрализующей способности порошок яичной скорлупы не уступал мелу, не проявлял фитотоксичности даже в очень высоких концентрациях [3]. Цель данных исследований заключалась в сравнительной оценке действия яичной скорлупы и доломитовой муки на урожайность столовой свеклы и агрохимические показатели светло-серой лесной почвы в зависимости от уровня минерального питания растений.

Объектами данного исследования являлись размолотая яичная скорлупа, получаемая в ЗАО «ПКФ «РусАгроГрупп» в качестве отхода производства; столовая свёкла сорта цилиндра; образцы пахотного слоя светло-серой лесной легкосуглинистой почвы.

Изучение проведено в условиях вегетационного опыта в сосудах Митчерлиха на 5 кг почвы в 4-кратной повторности на вегетационной площадке кафедры «Агрохимия и агроэкология» Нижегородской ГСХА. Опыт заложен по следующей схеме (табл. 1). В качестве фона 1 использовали неудобренную почву, в качестве фона 2 – внесение минеральных удобрений из расчета по 0,16 г NPK на 1 кг почвы в форме азофоски. Известковые материалы и минеральные удобрения внесены в почву при набивке сосудов.

На момент закладки почва характеризовалась следующими показателями: среднегумусированная (1,95 %), слабокислая (рН_{KCl} 5,45) с повышенным содержанием подвижного фосфора (119 мг/кг) и средним – калия (103 мг/кг), гидролитическая кислотность 1,40 ммоль/100 г, сумма поглощенных оснований средняя (13,5 ммоль/100 г). Порошок яичной скорлупы содержал 86 % карбоната кальция, 0,65 % азота, 0,12 % фосфора и 0,10 % калия, а также микроэлементы: цинк, кобальт, медь и марганец в количестве 0,19; 0,29; 0,46 и 0,69 мг/кг соответственно. По показателям безопасности (содержание тяжелых металлов, радионуклидов и патогенных микроорганизмов) скорлупа отвечала нормативным требованиям.

Таблица 1. Содержание и условное обозначение вариантов

Содержание варианта	Условное обозначение варианта
Фон	Контроль
Порошок яичной скорлупы 10 г (из расчета 2 г на 1 кг почвы)	ЯС 10
Порошок яичной скорлупы 20 г (из расчета 4 г на 1 кг почвы)	ЯС 20
Доломитовая мука 10 г (из расчета 2 г на 1 кг почвы)	ДМ 10
Доломитовая мука 20 г (из расчета 4 г на 1 кг почвы)	ДМ 20

Как показали исследования, действие порошка яичной скорлупы и доломитовой муки на развитие и урожайность свёклы в зависимости от уровня минерального питания культуры несколько различалось (табл. 2).

Таблица 2. Влияние известковых материалов на урожайность качество столовой свёклы

Вариант	Фон 1 – без удобрений				Фон 2 – N _{0,16} P _{0,16} K _{0,16}			
	общая масса	корнеплоды	сахар %	отношение корни : ботва	общая масса	корнеплоды	сахар, %	отношение корни: ботва
	г/сосуд				г/сосуд			
Контроль	8,7	5,2	6,6	1:0,67	157,1	116,2	7,5	1:0,35
	отклонение от контроля				отклонение от контроля			
Я.С. 10 г.	+2,0	+0,8	-1,5	1:0,78	+5,3	+6,3	+1,5	1: 0,33
Д.М.10 г.	+0,2	-0,2	-1,4	1:0,78	+9,1	+12,5	+0,8	1: 0,29
Я.С.20 г.	+6,7	+2,6	-1,0	1:0,97	+23,2	+16,8	0	1: 0,36
Д.М.20 г.	+4,3	+1,2	-1,3	1:1,03	+17,6	+14,5	- 0,4	1: 0,34
НСР ₀₅	2,5	1,3	0,6		15,1	5,0	0,8	

На неудобренном фоне растения испытывали явный дефицит элементов питания, что не позволило свёкле сформировать полноценные корнеплоды. Оценивая действие известковых материалов, отмечаем, что внесение их в одинарной дозе не привело к достоверным изменениям в массе растений. При этом соотношение между корнями и надземной массой при использовании скорлупы и доломитовой муки было равноценным и более узким, чем в контроле, то есть, их применение оказало более значимое действие на нарастание вегетативной массы. Увеличение дозы известковых материалов обеспечило значимый прирост урожайности культуры с некоторым преимуществом яичной скорлупы, что, вероятно, связано с наличием в ней некоторого количества питательных элементов. При этом наблюдали дальнейшее повышение доли ботвы в структуре урожая свёклы.

Внесение минеральных удобрений резко повысило массу полученных растений по отношению к неудобренному фону. На фоне минеральных удобрений абсолютный эффект от известковых материалов был значительно выше, чем на неудобренном фоне, составляя 5,3–23,2 г/сосуд по общей массе растений (3,4–14,8 %) и 6,3–16,8 г/сосуд корнеплодов (5,4–14,5 %). Как и на неудобренном фоне, одинарные дозы известковых материалов не обеспечили достоверной прибавки общей массы растений при незначительном преимуществе доломитовой муки, тогда как выход корнеплодов увеличился достоверно, а скорлупа уступала традиционному известковому материалу. Двойные дозы сравниваемых мелиорантов существенно увеличили как общую массу растений (11,2–14,8 %), так и урожайность корнеплодов (12,5–14,6 %), причем в данном случае некоторое преимущество было за яичной скорлупой. При внесении минеральных удобрений, в отличие от неудобренного фона, известковые материалы оказали меньшее действие на соотношение между корнями и ботвой, несколько снизив долю нетоварной продукции при внесении одинарных доз, использование удвоенного их количества практически не изменило соотношение между наземной частью растения и его корнями.

Оценивая влияние известкования на накопление сахаров, отмечаем, что минеральные удобрения способствовали не только повышению урожайности культуры, но и накоплению растениями сахаров – на 0,9 % по контрольному варианту. Внесение в неудобренную почву известковых материалов не дало положительного эффекта, приведя к снижению содержания сахара в продукции (на 1,0–1,5 %), причем изменения мало зависели от дозы или формы мелиоранта. При улучшении условий питания свёклы применение одинарных доз известки, напротив, способствовало повышению сахаристостей корнеплодов (0,8–1,5 %), причем использовании порошка яичной скорлупы достоверно. Повышение дозы обоих мелиорантов не оказало влияния на анализируемый показатель, сохранив его на уровне контроля.

Известкование оказало действие и на агрохимическую характеристику почвы (табл. 3).

Как следует из полученных данных, показатель pH солевой суспензии при внесении обеих форм известкового материала повышался на 0,05–0,30 ед. в зависимости от фона минерального питания культуры, дозы и формы мелиоранта. На неудобренной почве все изменения данного показателя укладывались в рамки ошибки опыта, на фоне минеральных удобрений существенное снижение обменной кислотности по отношению к контролю обеспечило внесение двойной дозы яичной скорлупы, повысив показатель pH_{KCl} на 0,3 ед. pH, однако достоверных различий в действии доз и форм известковых материалов не выявлено.

Таблица 3. Влияние известковых материалов на агрохимические показатели почвы

Вариант	Фон 1 – без удобрений					Фон 2 – N _{0,16} P _{0,16} K _{0,16}				
	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Hг	S	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Hг	S
		мг/кг	мг/кг	ммоль/100 г	ммоль/100 г		мг/кг	мг/кг	ммоль/100 г	ммоль/100 г
контроль	5,45	117	100	1,38	13,4	5,40	130	114	1,65	12,0
Я.С. 10 г.	5,55	115	99	0,90	16,0	5,60	133	134	1,45	15,8
Д.М.10 г.	5,50	116	101	0,96	16,4	5,50	133	119	1,45	13,4
Я.С.20 г.	5,60	110	97	0,81	17,3	5,70	145	141	1,35	16,2
Д.М.20 г.	5,55	113	99	0,85	16,9	5,60	135	120	1,45	14,2
HCP ₀₅	F _φ <F _m	4,7	3,9	0,14	0,94	0,20	12,4	11,6	0,16	1,21

Гидролитическая кислотность почвы при известковании существенно снижалась на обоих фонах минерального питания. При внесении минеральных удобрений наиболее значимые изменения отмечены при внесении двойной дозы порошка яичной скорлупы (0,30 ммоль/100 г), в остальных вариантах они оставались на одном уровне, составляя 0,20 ммоль/100 г по отношению к контролю. На неудобренной почве различия по вариантам были более заметными, хотя и недостоверными: прослеживалась явная тенденция преимущества порошка яичной скорлупы; с повышением дозы мелиорантов несколько снижалась и гидролитическая кислотность.

При внесении известковых материалов, наряду со снижением кислотности, четко прослеживается тенденция повышения суммы поглощенных оснований на обоих фонах минерального питания растений. На фоне неудобренной почвы данный показатель увеличился на 2,6–3,9 ммоль/100 г почвы. Действие доломитовой муки и порошка яичной скорлупы было равноценным и повышалось с увеличением дозы, однако достоверным изменение было только под влиянием яичной скорлупы (1,3 ммоль/100 г почвы относительно меньшей дозы). В почве удобренных вариантов изменения суммы поглощенных оснований в целом имели те же закономерности, но яичная скорлупа имела достоверное преимущество над доломитовой мукой и при минимальной дозе (2,4 ммоль/100 г), и при максимальной (2,0 ммоль/100 г).

Содержание фосфора в почве неудобренных вариантов варьировало от 110 до 117 мг/кг с тенденцией к снижению на фоне применения известковых материалов, которое было достоверным (7 мг/кг) при внесении двойной дозы порошка яичной скорлупы. При внесении удобрений содержание фосфора в почве было выше (130–145 мг/кг) с полностью противоположной тенденцией (увеличение при известковании на 3–15 мг/кг) и достоверным изменением на фоне двойной дозы порошка яичной скорлупы.

Оценивая содержание в неудобренной почве (фон 1) подвижных соединений калия, отмечаем тенденцию к его снижению на известкованных вариантах, однако все изменения не выходят за рамки ошибки опыта. На удобряемой почве при известковании количество потенциально доступного растением калия повысилось относительно контроля, в большей степени (достоверно) при использовании яичной скорлупы (на 13 и 17 мг/кг соответственно для одинарной и двойной доз). Существенных различий в действии разных доз и видов известковых материалов выявлено не было.

Таким образом, порошок яичной скорлупы при внесении под столовую свёклу на слабокислой почве по влиянию на урожайность культуры не уступал доломитовой муке. На неудобренной почве известкование увеличило доли нетоварной продукции, на фоне минеральных удобрений порошок яичной скорлупы и доломитовая мука в одинарной дозе повысили выход корнеплодов, при двойной – не оказали влияния на соотношение между корнеплодами и ботвой.

Применение известковых материалов обеспечило снижение обменной и гидролитической кислотности почвы при равноценном действии доломитовой муки и порошка яичной скорлупы. Сумма поглощенных оснований повысилась в зависимости от формы и дозы мелиоранта на 2,6–3,9 ммоль/100 г на неудобренной почве и на 1,4–4,2 ммоль/100 г при внесении удобрений. На удобренном фоне эффект от порошка яичной скорлупы был выше, чем от доломитовой муки. Содержание подвижных форм фосфора и калия в неудобренной почве при известковании существенно не изменилось с тенденцией снижения относительно контроля; при внесении удобрений наблюдали противоположную тенденцию с максимальным накоплением фосфора и калия при внесении двойной дозы порошка яичной скорлупы (на 15 и 27 мг/кг соответственно относительно контроля).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сельское хозяйство Нижегородской области по итогам 2017 года [Электронный ресурс]. Источник: Министерство сельского хозяйства и продовольственных ресурсов Нижегородской области. Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/regionals/region-52/selskoe-khozyajstvo-nizhegorodskoj-oblasti-po-itogam-2017-goda.html>
2. Гладили́н, Б. А. Яичная скорлупа как удобрение / Б. А. Гладили́н // Сад и огород. – 2015. – №1. – С. 8.
3. Применение яичной скорлупы в качестве удобрения и агромелиоранта / Варламова Л. Д. [и др.] // Агрохимия. – 2017. – №5. – С. 40–47.

УДК 631.589+631.816.1

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ УДОБРЕНИЯ «РАСТВОРИН» НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И УРОЖАЙНОСТЬ САЛАТА СОРТА «МАМА МИЯ», ВЫРАЩИВАЕМОГО МЕТОДОМ АЭРОПОНИКИ

А. А. ВЕТЧИННИКОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
Д. В. АНЦИФЕРОВА, магистрант 1-го года обучения,
ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА», г. Нижний Новгород, Россия

Под влиянием роста численности населения планеты и увеличения интенсификации сельскохозяйственного производства, как никогда остро встал вопрос об усовершенствовании способов выращивания овощных и зеленных культур. Кроме того, проблемы рационального использования земельных ресурсов, удобрений и средств химизации растений в борьбе с вредителями сельскохозяйственных

культур в настоящее время продолжают осознаваться всё острее и острее. Эти вопросы привели аграриев и учёных к вопросу развития и экологизации интенсивных технологий в промышленном овощеводстве закрытого грунта. На данный момент, самым технологичным способом выращивания овощей в условиях защищенного грунта является гидропоника и особенно такое её направление как аэропоника [1-3].

Аэропоника – метод безсубстратного выращивания растений, при котором корневая система растений находится в воздухе и периодически опрыскивается питательным раствором. Развитие этой технологии предполагает изучение наиболее эффективных питательных растворов, режимов их подачи и иных особенностей применения удобрений и средств защиты растений [4].

Данная технология способна решить проблему недостатка продовольствия в районах со сложными климатическими условиями и в зимний период, когда у человека наблюдается дефицит витаминов, единственным источником которых остаются овощи. Технология позволяет возделывать овощи круглогодично, невзирая на погодные условия.

Другим важным итогом перехода на возделывание ряда растений в защищённом грунте методом аэропоники является снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду и почву в частности.

Но, как и любая новая технология, аэропоника имеет и ряд недостатков. Самым главным из которых является слабая изученность и, как следствие, весьма незначительный опыт по промышленному выращиванию растений данным методом [5–6].

Для решения части озвученных выше проблем на кафедре «агрохимия и агроэкология» Нижегородской ГСХА были проведены исследования по оценке эффективности применения различных концентраций водорастворимых удобрений на качественный и количественный состав урожая салата.

В задачи исследования входило изучение влияния различных доз удобрения «Растворин» на урожайность и морфометрические показатели салата.

Эксперимент проводился в условиях лаборатории с использованием аэропонной установки, спроектированной для изучения параметров, влияющих на рост и развитие растений, выращиваемых без использования субстрата. Объектом исследований в опыте являлся листовой салат сорта «Мама Мия».

Установка в своем устройстве имеет три бака с питательными растворами, каждый из которых посредством насосов подаётся к трём независимым лоткам. В каждом лотке размещалось по 10 растений салата. Таким образом, в ходе эксперимента изучалось влияние трёх разных концентраций питательного раствора в трёх повторностях. Длина вегетации салата составила 30 дней. Схема эксперимента приведена в табл. 1.

Таблица 1. Схема эксперимента и условное обозначение вариантов

№	Вариант (доза удобрения в питательном растворе)	Условное обозначение
1	1 г/л питательного раствора *	Доза 1 (контроль)
2	2 г/л питательного раствора	Доза 2
3	3 г/л питательного раствора	Доза 3

* – (рекомендованная производителем доза удобрений)

Одним из самых главных вопросов, изучаемых в ходе эксперимента, было выявление влияния концентрации питательного раствора на морфометрические параметры салаты.

Таблица 2. Показатели высоты салата и длины корневой системы, см

Вариант опыта	Листовая часть		Корневая система	
	$X_{ср}$	± к контролю	$X_{ср}$	± к контролю
Доза 1 (контроль)	28,6	–	24,6	–
Доза 2	34,3	5,7	35,0	10,4
Доза 3	38,5	9,9	44,3	19,7
$НСР_{05}$		3,2		4,6
Литературные данные	15-25			

Согласно представленным в табл. 2 результатам, во всех трёх вариантах высота растений несколько превосходила заявленную оригинатором сорта. В первом варианте средняя длина растений составила 28,6 см. Вариант с двойной дозой показал увеличение высоты растений в среднем практически на 20 % к высоте растений в первом варианте. Тройная доза позволила получить растения высотой на 10 см превосходившие аналогичный показатель в контрольном варианте или 34,6 %, что было заметно даже при визуальном осмотре. При этом все различия в опыте были достоверными.

Другим, оцененным нами, морфологическим показателем роста и развития растений являлась длина корневой системы. Одним из преимуществ метода аэропоники является свободный доступ к

корневой системе растений и возможность визуального контроля её состояния. Анализ полученных данных позволяет констатировать, как и в случае с высотой растений, что двойная и тройная доза минеральных удобрений вызывают статистически достоверное увеличение длины корневой системы. В частности на контроле длина корней достигала 24,6 см, при увеличении концентрации раствора вдвое корневая система стала длиннее на 42,3 %, а при тройной дозе – более чем на 80 %.

Однако, пожалуй, самым важным показателем, характеризующим товарную ценность листового салата, является его масса при естественной влажности.

Результаты учёта массы листового салата, выращиваемого методом аэропоники, приведены в табл. 3.

Таблица 3. Масса листового салата при естественной влажности, г

Вариант опыта	Листовая часть		Корневая система		Общая масса
	$X_{\text{ср}}$	$\pm$ к контролю	$X_{\text{ср}}$	$\pm$ к контролю	
Доза 1 (контроль)	193	–	55	–	222
Доза 2	260	67	90	35	257
Доза 3	327	134	122	67	272
$НСР_{05}$		27		14	
Литературные данные	235*				

Анализ данных табл. 3 показал, что увеличение концентрации питательного раствора в два раза, по отношению к контрольному варианту позволило увеличить выстильную массу, участвующую в формировании товарной массы, на 34,7 %; в три раза – на 42,5 %.

3. Hu Jinmin, JinMinfeng, Wang Quanxi. Research Progress of Different Soilless Culture Methods and Their Effects on Vegetable Quality // Journal of Shanghai Normal University. – 2015. V. 44(6). P. 672–680.
4. Ветчинников, А. А. Особенности удобрения культур в технологиях гидро- и аэропоники / А. А. Ветчинников, Д. В. Анциферова, А. Ю. Тесленко, Е. В. Кечкова // Агрохимический вестник. – 2017. Т.2 – №2. – С. 33–36.
5. Roger Hancock. Water and Energy Conservation Grow System: Aquaponics and Aeroponics with a Cycle Timer / Roger Hancock // California Polytechnic State University San Luis Obispo. – 2012. – №2. – P. 2–38.
6. Трегубова, Н. Е. Сравнение методов выращивания зелени традиционным способом и гидропоники в домашних условиях / Н. Е. Трегубова // Молодой учёный. – 2017 – №33. – С. 68–71.

УДК 633.1:631.8:631.559

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ МАКРО–, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, д-р с.-х. наук, профессор,
О. И. МИШУРА, канд. с.-х. наук,
С. Р. ЧУЙКО, соискатель,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Цель исследования – установить влияние новых форм комплексных, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность, качество озимой пшеницы и пивоваренного ячменя.

Исследования проводились с озимой пшеницей, пивоваренным ячменем на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на среднеоккультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытных участков с озимой пшеницей имела близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 6,1–6,2), среднее содержание гумуса (1,68–1,70 %), повышенное – подвижных форм фосфора (225–227 мг/кг), среднее – подвижного калия (185–186 мг/кг), а также низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,5–2,0 мг/кг). В опытах использовали подстилочный навоз КРС (N – 0,48–0,52 %, P_2O_5 – 0,20–0,22 % и K_2O – 0,55–0,59 %). Исследования проводили с сортом озимой пшеницы Сюита.

В основное внесение удобрений применялись аммофос, хлористый калий, подкормка озимой пшеницы проводилась карбамидом. Изучалось также твердое комплексное удобрение для озимых зерновых культур (N – 5 %, P_2O_5 – 16 %, K_2O – 35 %, Cu – 0,3 % и Mn – 0,25 %), разработанное РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Для некорневой подкормки растений озимой пшеницы в фазе начала выхода в трубку применялось польское комплексное удобрение Эколист Зерновые (N – 10,5 %, K_2O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, а также микроудобрение Адоб Медь (жидкий концентрат удобрения, содержащий 6,43 % Cu , 9 % N , и 3 % магния) в дозе 0,8 л/га. В фазе начала выхода в трубку посева обрабатывались МикроСтим-Медь Л (медь 78,0 г/л, азот 65,0 г/л, 0,6–5,0 мг/л гуминовые вещества) и МикроСил-Медь Л (медь 78,0 г/л, азот 65 г/л и Экосил 30 мл/л) в дозе 1 л/га.

Регулятор роста Экосил использовали в дозе 75 мл/га в фазе начала выхода в трубку.

Общая площадь делянки с озимой пшеницей – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. Норма высева семян – 5,0 млн/га.

В 2011–2013 гг. были проведены полевые опыты и с пивоваренным ячменем сорта Бровар, который высевался с нормой высева семян 5,0 млн/га.

В опытах применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий КАС, новое комплексное удобрение (АФК форма 10-19-25 с 0,25 % Cu и 0,2 % Mn) для пивоваренного ячменя, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии Беларуси.

Некорневые подкормки пивоваренного ячменя в фазе начала выхода в трубку проводились жидким комплексным удобрением Эколист 3 (N – 10,5 %, K_2O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, регулятором роста Фитовитал, водорастворимый концентрат (д. в.: янтарная кислота, 5 г/л; сопутствующие компоненты: комплекс микроэлементов – Mg , Cu , Fe , Zn , B , Mn , Mo , Co , Li , Br , Al , Ni) в дозе 0,6 л/га и комплексным удобрением с регулятором роста МикроСтим медь Л (медь 78 г/л, азот 65 г/л, гуминовые вещества 0,6–5,0 мг/л) в дозе 1 л/га. В фазе начала выхода в трубку на ячмене проводилась обработка регулятором роста Экосил в дозе 50 мл/га.

Почва опытных участков с ячменем имела слабокислую реакцию (pH_{KCl} 5,7–6,0), среднее содержание гумуса (1,66–1,70 %), повышенное содержание подвижного фосфора (186–225 мг/кг) и среднее

и повышенное содержание подвижного калия (186–240 мг/кг), среднюю обеспеченность подвижной медью (1,7–2,2 мг/кг) и низкую – подвижным цинком (1,7–2,3 мг/кг). Общая площадь делянки 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная.

Применение удобрений способствовало существенному возрастанию урожайности зерна озимой пшеницы. Так, применение N₂₀P₆₄K₁₄₀ + N₇₀ (карбамид) с возобновлением вегетации по сравнению с неудобренным контролем повышало в среднем за три года урожайность среднепозднего сорта Сюита на 18,3 ц/га (табл. 1). Дополнительное к первой азотной подкормке (N₇₀) внесение в фазе начала выхода в трубку и флагового листа по N₄₀ было очень эффективными и обеспечивало возрастание урожайности сорта Сюита с 48,0 до 61,6 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 9,4 и 8,5 кг зерна.

Обработка посевов озимой пшеницы на фоне N₂₀P₆₄K₁₄₀ + N₇₀ + N₄₀ регулятором роста Экосилом способствовала дальнейшему возрастанию урожайности зерна озимой пшеницы на 3,9 ц/га.

Применение нового комплексного удобрения для озимых зерновых культур для основного внесения марки 5:16:35 с Cu 0,3 % и Mn 0,25 %, по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию увеличивало в среднем за три года урожайность зерна на 4,5 ц/га (табл. 1).

Таблица 1. Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста, новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество озимой пшеницы сорта Сюита

Вариант опыта	Урожайность, ц/га			Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %
	2012 г.	2013 г.	2014 г.					
1. Без удобрений (контроль)	23,2	28,0	37,8	29,7	–	–	11,8	20,0
2. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀	39,6	45,0	59,3	48,0	–	9,4	12,4	22,8
3. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀	47,7	51,0	66,5	55,1	–	7,6	12,9	24,0
4. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀ + N ₄₀ - фон	52,2	58,5	74,2	61,6	–	8,5	13,1	27,9
5. Фон + Экосил	56,9	63,0	76,5	65,5	3,9	9,5	13,6	28,5
6. Фон + Адоб Медь	57,8	65,0	77,8	66,9	5,3	9,9	13,4	28,2
7. Фон + Эколист Зерновые	59,6	67,0	80,5	69,0	7,4	10,5	13,9	29,1
8. Фон + МикроСил-Медь Л	61,2	69,0	81,5	70,6	9,0	10,9	13,1	29,1
9. Фон + МикроСтим-Медь Л	59,0	71,5	82,7	71,1	9,5	11,1	13,0	30,2
10. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ (АФК с Cu и Mn) + N ₇₀ + N ₄₀ + N ₄₀	57,8	63,0	77,5	66,1	–	9,7	13,0	29,1
11. N ₃₀ P ₈₀ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀ + N ₄₀ + N ₁₀) + Адоб Медь	60,0	72,0	78,8	70,3	–	9,8	13,1	29,5
12. Навоз 30 т/га N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀ + N ₄₀	63,3	75,7	88,6	75,9	14,3	–	13,0	29,4
НСР ₀₅	2,7	3,6	4,1	2,0	–	–	0,3	–

Внесение 30 т/га навоза на фоне N₂₀P₆₄K₁₄₀ + N₇₀ + N₄₀ + N₄₀ повышало урожайность зерна озимой пшеницы на 14,3 ц/га. В этом варианте обеспечивалась и максимальная урожайность зерна озимой пшеницы (75,9 ц/га).

Подкормки азотными удобрениями существенно повышали содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы. Положительное влияние на увеличение содержания сырого белка в зерне озимой пшеницы оказали регулятор роста Экосил и некорневые подкормки Адоб Медь и Эколистом Зерновые на фоне N₂₀P₆₄K₁₄₀ + N₇₀ + N₄₀ + N₄₀.

Содержание сырой клейковины в зерне пшеницы существенно возросло при применении Экосила, а также микроудобрения Адоб Медь, комплексных удобрений Эколист Зерновые, МикроСтим-Медь Л и МикроСил-Медь Л. В этих вариантах опыта оно превышало 28 %, что соответствовало норме установленной для озимой пшеницы (табл. 1).

В среднем за 2011–2013 гг. урожайность зерна ячменя по сравнению с неудобренным контролем при применении N₁₆P₆₀K₉₀, N₆₀P₆₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀ возросла на 3,7, 12,2 и 16,8 ц/га соответственно (табл. 2).

Наибольшая урожайность зерна ячменя была получена в вариантах с применением регулятора роста Фитовитал и комплексного удобрения с регулятором роста МикроСтим медь Л на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ карбамид и МикроСтим Медь Л на фоне N₉₀P₈₀K₁₃₀ + N₃₀ карбамид (табл. 2). Прибавка урожайности зерна при этом составила по отношению к фоновому варианту N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ при использовании Фитовитала 5,3 ц/га и МикроСтим медь Л – 7,7 ц/га. Высокая прибавка урожая в этих вариантах оказала влияние на увеличении окупаемости 1 кг NPK кг зерна, которая составила в этих вариантах опыта 10,4 и 11,4 кг соответственно.

Внесение комплексного удобрения АФК 10-19-25 с Cu, Mn на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ способствовало в среднем за 2012–2013 гг. повышению урожайности зерна на 7,0 ц/га по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных ($N_{60}P_{60}K_{90}$) дозах (табл. 2).

Обработка посевов пивоваренного ячменя регулятором роста Экосил по сравнению с вариантом $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ КАС увеличивала урожайность зерна на 3,4 ц/га и на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ на 2,7 ц/га.

В среднем за 3 года максимальная урожайность ячменя (52,8–55,2 ц/га) была получена в вариантах с применением МикроСтим Cu Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид, МикроСтим Cu Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$ карбамид и Фитовитала на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид.

Применение удобрений по сравнению с вариантом без внесения удобрений способствовало некоторому возрастанию массы 1000 зерен. Наибольшая масса 1000 зерен (56,8 г) отмечена в варианте с использованием МикроСтим медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид. В целом по опыту, масса 1000 зерен в вариантах с применением макро-, микроудобрений и регуляторов роста варьировала в незначительных пределах (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании пивоваренного ячменя

Варианты опыта	Урожай- ность, ц/га	Окупаемость 1 кг НРК, кг зерна	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %		
				2011 г.	2012 г.	2013 г.
среднее за 3 года						
1.Без удобрений	27,8 (28,6*)	—	54,7	7,8	9,5	9,8
2.N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	31,5	2,2	55,6	8,1	9,4	9,1
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	40,0 (43,2*)	5,8 (7,0*)	56,0	8,0	9,9	9,9
4. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	44,6 (46,4*)	7,0	56,6 (55,0*)	10,0	10,8	10,5
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ (АФК с Cu и Mn)	50,2*	10,3*	55,0*		9,7	11,6
6. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Экосил фаза нач. вых. в трубку	47,3	8,1	56,2	8,3	10,3	12,0
7. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ КАС фаза нач. вых. в трубку	45,4	7,3	55,9	8,7	9,9	11,1
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид нач. фаза вых. в трубку	47,5	8,2	56,6	8,5	11,1	12,3
9. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ КАС с Экосилом фаза нач. вых. в трубку	48,8	8,8	56,1	10,3	9,9	11,3
10. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид + МикроСтим Cu Л фаза нач. вых. в трубку	55,2	11,4	56,8	10,7	10,3	12,0
11. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид фаза нач. вых. в трубку + Эколист 3	48,5	8,6	55,4	10,0	9,8	11,6
12. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид + Фитовитал в фаза нач. вых. в трубку	52,8	10,4	56,1	10,3	9,4	13,2
13. N ₉₀ P ₈₀ K ₁₃₀ + N ₃₀ карбамид фаза нач. вых. в трубку + МикроСтим Cu Л	54,2	8,0	56,6	10,2	9,4	13,3
НСР ₀₅	1,2		0,4	0,7	0,6	0,5

* Среднее за 2012–2013 гг.

Содержание сырого белка в зерне пивоваренного ячменя в большинстве вариантов опыта по годам исследований находилось в допустимых пределах ГОСТа и не превышало 12 %. Содержание сырого белка было ниже в вариантах без внесения удобрений и с внесением небольших доз азота ($N_{16}P_{60}K_{90}$).

Наибольшее накопление сырого белка в зерне было при применении МикроСтим Cu Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$ карбамид и регулятора роста Фитовитал на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид в фазу начала выхода в трубку. Содержание сырого белка во всех вариантах в 2011 и 2012 гг. было в допустимых пределах (не более 11,1 %). Следует отметить, что накопление сырого белка в зерне пивоваренного ячменя свыше допустимых 12 % было только в 2013 году в нескольких вариантах опыта. Наибольших величин (13,2–13,3 %) оно достигало в варианте с применением Фитовитала на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и МикроСтим медь Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$.

Таким образом, новые формы комплексных удобрений с микроэлементами для основного внесения, микроудобрения с регуляторами роста существенно повышали урожайность и качество зерна озимой пшеницы и пивоваренного ячменя.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ ¹³⁷Cs СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ, ВОЗДЕЛЫВАЕМЫМИ НА ЛЕГКИХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

Л. А. ВОРОБЬЕВА, канд. с.-х. наук,
Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

Применение минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур считается одним из наиболее важных приемов улучшения условий питания, повышения урожайности и устойчивости их к неблагоприятным условиям [1]. В зависимости от количества внесенных удобрений и подвижных элементов питания почвы создаются различные условия формирования урожая и его качества [2, 3].

Система применения удобрений на загрязненных радионуклидами почвах существенно влияет на поступления радионуклидов в растения и их накопления в урожае. Поэтому использование удобрений должно способствовать уменьшению поступления в растения радионуклидов [4].

На сельскохозяйственных угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, применение калийных удобрений является одной из основных агрохимических приемов, ограничивающих поступление ¹³⁷Cs из почвы в растения в 1,5–3 раза [5,6].

Исследования проводились в стационарном опыте на полях Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции в 2009–2011 гг., на разных фонах внесения органических удобрений под пашную культуру: 1 фон – контрольный, без внесения органических удобрений; 2 фон – 40 т/га органических удобрений. Опыт проводился в 4-кратной повторности.

Агрохимическая характеристика почвенного участка, при проведении опыта, была следующей (среднее по опыту): гумус (по Тюрину) 1,1–1,4 %; рН_{KCl} 5,5–5,9; Нг – 1,08; S – 4,5 мг. экв./100 г почвы; Р₂O₅–28,0 и К₂O 4–7 мг/100г почвы, плотность загрязнения опытного участка 22–25 Ки/км² (814 – 925 кБк/м²).

При проведении исследований использовались минеральные удобрения: аммиачная селитра (34,4 % N), суперфосфат простой (22 % Р₂O₅) и хлористый калий (56 % К₂O), которые вносились весной под культивацию.

Полевой опыт, лабораторно-аналитические работы и статистический анализ проводились по методикам [7,8,9].

Погодные условия в годы проведения исследований существенно различались по увлажнению и теплообеспеченности. Так, 2010 г. был засушливым и отличался низким запасом продуктивной влаги в почве, неравномерным распределением весенне-летних осадков и более высокой температурой воздуха в первой половине вегетации растений.

За годы проведения исследований на опытном участке возделывались следующие сельскохозяйственные культуры: картофель, ячмень, овес. Продуктивность изучаемых сельскохозяйственных культур представлена в табл. 1.

Таблица 1. Влияние минеральных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, (2009–2011 гг.)

Вариант	Продуктивность сельскохозяйственных культур, ц/га к.ед						
	карт.	ячмень	овес	всего	сред. за год	прибавка, ±	
						общая	от калия
Без навоза – фон 1							
Контроль	28,2	20,8	16,3	65,3	21,8	–	–
N ₉₀ P ₆₀	50,7	23,5	21,6	95,8	31,9	10,1	–
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	56,4	28,8	26,7	111,9	37,3	15,5	4,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	58,8	31,6	29,8	120,2	40,1	18,3	8,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	61,8	33,3	32,1	127,2	42,4	20,6	10,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	67,2	34,6	34,4	136,2	45,4	23,6	13,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	70,2	32,3	35,2	141,7	47,2	25,4	15,3
Навоз 40 т/га – фон 2							
Контроль	42,0	22,2	21,6	85,8	28,6	–	–
N ₉₀ P ₆₀	66,0	27,7	25,1	118,8	39,6	11,0	–
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	69,9	30,1	26,6	126,6	42,2	13,6	2,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	73,8	34,4	28,9	137,1	45,7	17,1	6,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	77,1	36,3	32,2	145,6	48,5	19,9	8,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	76,8	37,9	35,8	150,5	50,2	21,6	10,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	78,3	39,3	38,9	156,5	52,2	23,6	12,6

Из приведенных данных видно, что продуктивность клубней картофеля на контрольном варианте, без применения органических удобрений – 28,2 ц/га к.ед.

Азотно-фосфорные удобрения в дозе N₉₀P₆₀ увеличили продуктивность картофеля на 79 %, калийные удобрения в разных дозах применения увеличивали продуктивность клубней картофеля, максимальная прибавка от дозы калия 150 кг/га, на фоне азотно-фосфорных удобрений, – 59 %, дальнейшее увеличение доз калийных удобрений дало тенденцию к повышению продуктивности. Применение органических удобрений в дозе 40 т/га увеличило сбор кормовых единиц на 13,8 ц/га. Минеральные удобрения повышали продуктивность клубней картофеля по всем вариантам их применения, максимальная прибавка продуктивности клубней картофеля, на контрольном фоне, на варианте N₉₀P₆₀K₁₅₀, а на фоне 40 т/га органики на варианте N₉₀P₆₀K₁₂₀.

Следующей культурой, которую возделывали после картофеля, был ячмень. Продуктивность зерна ячменя на варианте последствия органических удобрений, без внесения минеральных, на 1,5 ц/га к.ед выше, чем на контрольном варианте и контрольном фоне. Влияние минеральных удобрений на продуктивность зерна ячменя, было значительно выше на фоне последствия органических удобрений, на всех вариантах их применения. Максимальная продуктивность ячменя получена на варианте N₉₀P₆₀K₁₅₀, на обоих фонах последствия органических удобрений.

Третьей изучаемой культурой был овес, продуктивность зерна овса на фоне последствия навоза на 1,2 ц/га к.ед выше, чем на контрольном фоне и контрольном варианте. Увеличение продуктивности зерна овса, за счет применения минеральных удобрений было выше, чем на ячмене. Азотно-фосфорные удобрения увеличили продуктивность зерна овса на контрольном фоне и на фоне последствия органических удобрений на 4,1 ц/га к.ед. Внесение калийных удобрений в разных дозах в дополнение к NP увеличивало продуктивность зерна овса от 2,1 до 8,7 ц/га, в зависимости от доз и фона их применения.

Важным показателем качества сельскохозяйственных культур в зоне радиоактивного загрязнения является содержание ¹³⁷Cs в конечной продукции растениеводства, соответствующей нормативным требованиям. Содержание ¹³⁷Cs в продукции изучаемых сельскохозяйственных культур представлено в табл. 2.

Накопление клубнями картофеля ¹³⁷Cs на варианте без применения удобрений составило 73 Бк/кг. Внесение органических удобрений в дозе 40 т/га снизило содержание ¹³⁷Cs до 58 Бк/кг. Азотно-фосфорные удобрения увеличивали накопление радионуклидов на обоих фонах органических удобрений, содержание ¹³⁷Cs превышало допустимый уровень, для картофеля (80 Бк/кг) применение калийных удобрений снижало содержание радионуклидов в 2,4 раза.

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений на накопление ¹³⁷Cs сельскохозяйственными культурами, (2009–2011 гг.)

Вариант	Содержание ¹³⁷ Cs, снижение					
	картофель		ячмень		овес	
	Бк/кг	±, %	Бк/кг	±, %	Бк/кг	±, %
Без навоза						
Контроль	73	–	37	–	121	–
N ₉₀ P ₆₀	101	138	58	157	184	152
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	80	109	43	116	69	57
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	54	74	33	89	39	32
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	38	52	30	81	34	28
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	33	45	26	70	25	21
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	30	41	24	65	23	19
Навоз 40 т/га						
Контроль	58	–	33	–	85	–
N ₉₀ P ₆₀	81	140	52	158	161	189
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	60	103	40	121	64	75
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	44	76	30	91	40	47
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	40	69	24	73	39	46
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	32	55	24	73	24	28
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	27	46	22	67	19	22

Примечание: Для продовольственного зерна ПДУ ТР ТС 015 / 2011 – 60 Бк/кг, для фуражного зерна ПДУ ТР ТС 015 / 2011 – 180 Бк/кг, ПДУ ТР ТС 021 / 2011 для картофеля 80 Бк/кг.

Анализ результатов исследований показал, что наименьшее накопление радионуклидов было в зерне ячменя. Внесение азотно-фосфорных удобрений повышало накопление радионуклидов на обоих фонах последствия навоза, но оно не превышало предельно допустимую концентрацию. Применение калийных удобрений значительно снизило накопление ¹³⁷Cs. Содержание радионуклидов было значительно ниже допустимого уровня ПДУ ТР ТС 015 / 2011 (для продовольственного зерна 60

Бк/кг) и ПДУ ТР ТС 015 / 2011 (для фуражного 180 Бк/кг), что дает возможность использовать зерно ячменя без ограничений.

Удельная активность ^{137}Cs в зерне овса была самой высокой (среди изучаемых зерновых культур). Так, продукция с контрольных вариантов превышала допустимый уровень (для продовольственного зерна) в 1,5–2 раза, при применении азотно-фосфорных удобрений содержание радионуклидов повысилось на 152–189 %, зерно с таким содержанием ^{137}Cs можно использовать только на корм животным и семена. За счет внесения калийных удобрений в дозах от 60 до 180 кг/га отмечалось резкое снижение накопления радиоцезия, максимальное снижение в 5,3 раза (по отношению к контролю).

Проведенные исследования показали, что продуктивность сельскохозяйственных культур зависела от органических и минеральных удобрений и от возрастающих доз калия. Оптимальные дозы калийных удобрений, влияющие на продуктивность изучаемых сельскохозяйственных культур, составили 90–150 кг/га (в зависимости от культуры).

Результаты исследований показали, что для снижения накопления ^{137}Cs в изучаемых сельскохозяйственных культурах возделываемых в зоне радиоактивного загрязнения, необходимо применение калийных удобрений. Для изучаемых культур на разных фонах органики дозы калия не могут быть одинаковыми. Так, калий в дозе 90 кг/га снижал содержание ^{137}Cs в клубнях картофеля на контрольном варианте в 1,4 раза, а на фоне органики, оптимальная доза для снижения ^{137}Cs – 60 кг/га. В зерне овса доза калия 90 кг/га на контрольном фоне снижала накопление радиоцезия в 3,1 раза, а максимальное снижение было $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$ – в 4,8 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаковская, Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т. Н. Кулаковская // Агропромиздат, 1990. – 219 с.
2. Лыков, А. М. Воспроизводство плодородия в Нечерноземной зоне / А. М. Лыков // Россельхозиздат. 1982. – 143 с.
3. Сычев, В. Г. Динамика баланса питательных веществ / В. Г. Сычев // Агрохимический вестник. – 2000. – №3. – С. 33–36.
4. Санжарова, Н. И. Переход ^{137}Cs в растения из дерново-подзолистой почвы в зависимости от доз калия и степени его подвижности / Н. И. Санжарова, Н. В. Белова, П. И. Юриков, Л. А. Воробьева, Ф. В. Моисеенко, С. И. Спиридонов // Агрохимия. – 2004. – № 7. – С. 58–66.
5. Саранин, К. И. Система применения удобрений и мелиорантов в растениеводстве на почвах, загрязненных радионуклидами / К. И. Саранин, В. Н. Шептунов, В. Н. Галкина // Агрохимия. – 1999. – № 3. – 52–55 с.
6. Белоус, Н. М. Влияние уровня плодородия почв на урожайность сельскохозяйственных культур и накопление ^{137}Cs / Н. М. Белоус, Ф. В. Моисеенко // Вестник Брянской гос. сельскохоз. академии. – 2005. – С. 30–35.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями // Ч.1. ВИУА. 1975. 167 с.; Ч.2. М.: ВИУА. 1983 с.; Ч. 3. М.: ВИУА. 1985. – 131 с.
9. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях // М.: ЦИНАО. 1985. – 22 с.

УДК 131.445.24:632.125

ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КАЛИЙНОМ СОСТОЯНИИ ХОРОШО ОКУЛЬТУРЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ИХ ИНТЕНСИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

В. А. ВОРОБЬЁВ, д-р с.-х. наук, профессор,

Г. В. ГАВРИЛОВА, канд. с.-х. наук, доцент,

И. И. ПЕСТЕРНИКОВА, аспирант,

И. Н. ИВАНОВ, аспирант,

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»,

Великие Луки, Российская Федерация

Изучение калийного состояния дерново-подзолистых почв являлось и является одним из актуальных и перспективных направлений в агрохимической науке. Связано это с участием калия в важнейших биохимических процессах в растительной клетке (углеводном, белковом обменах). Содержание валового калия в дерново-подзолистых почвах находится на уровне 2 %, что в десять раз больше, чем азота и фосфора. Однако доступного растениям калия мало – всего 1 % от его валовых запасов (1). По этой причине использование калийсодержащих удобрений на дерново-подзолистых почвах является важнейшей задачей агрономической службы. При отказе от применения этих удобрений почва интенсивно теряет запасы подвижного калия, что приводит к недобору урожая и снижению его качества [2, 3].

Исследования по изучению эффективности систем удобрения проводились в 2-х полевых опытах на базе развёрнутых во времени полевых севооборотов. Опыт 1 заложен на дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой хорошо окультуренной почве на базе зернопропашного сево-

оборота «картофель ранний – рожь озимая – свёкла кормовая – ячмень – кукуруза – овёс». Схема опыта: 1. контроль (без удобрения), 2. N₁₂₀; 3. N₁₂₀P₆₀; 4. N₁₂₀K₆₀; 5. N₁₂₀P₆₀K₆₀.

Опыт 2 заложен на дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой хорошо окультуренной почве на базе плодосменного севооборота «картофель – ячмень + клевер – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – свёкла кормовая – овёс». Схема опыта: 1. контроль (без удобрения), 2. навоз, 40 т/га, 3. NPэкв NP 40 т/га навоза + K₉₀, 4. NPэкв NP 40 т/га навоза + K₁₁₅, 5. NPK экв 40 т/га навоза.

Почва в опытах дерново-слабоподзолистая остаточная – карбонатная легкосуглинистая хорошо окультуренная. Её агрохимические показатели на момент закладки опытов были следующими: гумус – 2,46 – 2,71 %, pH_{KCl} – 6,2 – 6,7, Нг – 0,89 – 1,89 мг-экв/100 г, S – 8,45 – 11,9 мг-экв/100 г, V – 82 – 91,4 P₂O₅ и K₂O (по Кирсанову) – 402 – 599 и 205 – 466 мг/кг.

Агротехника в опыте проводилась в соответствии с зональными рекомендациями. Минеральные удобрения в виде аммиачной селитры, азофоски, двойного суперфосфата, хлористого калия вносили под предпосевную культивацию, в опыте № 2 – под перепашку зяби. Учёт урожая проводили в фазу полной спелости полевых культур сплошным весовым методом. Статистическую обработку полученных урожайных данных выполняли методом дисперсионного анализа.

Уровень окультуренности почв оказывает решающее влияние на высоту урожаев и соответственно на размеры выноса калия. В варианте без удобрения в полевом севообороте на хорошо окультуренной почве последний составлял до 140 кг/га в среднем за год. Увеличение продуктивности на удобренных вариантах, но без калия приводило к ещё большему выносу этого элемента. В 20-летнем опыте применение калия в дозе 60 кг/га не обеспечивало достоверного повышения урожайности ни одной культуры севооборота. Наиболее эффективной оказалась моноазотная система удобрения. Продуктивность севооборота в этом варианте составила 6,6 т/га зерн. ед.

Полученные данные, с агрономической позиции, указывают возможность длительного отказа от применения калийного удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах с высокими исходными запасами подвижного калия. Но с экологической стороны, остродефицитный баланс калия привёл к катастрофической деградации калийного состояния почвы.

В варианте без удобрения при дефиците баланса калия 2543 кг/га запасы водорастворимых соединений калия снизились в 5,8 раза, подвижных – в 2,4 раза, обменных – в 3 раза (табл.). Моноазотная система удобрения усилила дефицит баланса калия до 3439 кг/га. Деградационные процессы в этом варианте были максимальными, что выразилось в снижении содержания водорастворимого калия в 8,1, подвижного – в 2,6, обменного – в 3,4 раза. Ежегодное внесение 60 кг/га калия только несколько замедляло, но не предотвращало ухудшения калийного состояния.

В среднем за год не удобренная почва теряла по 9 кг/га водорастворимого, 15 кг/га подвижного и 65 кг/га обменного калия. При использовании одних азотных удобрений эти величины составили 10, 17 и 70 мг/кг, а в варианте с полным минеральным удобрением – 7, 12 и 58 мг/кг, соответственно.

Практически абсолютно такие же изменения происходили на всех пахотных хорошо окультуренных почвах региона, где регистрировался острый дефицит баланса калия в системе удобрения. Во всяком случае, об этом можно судить по снижению доли таких почв за последние 27 лет с 20 % до 5 %. Такие изменения привели к серьёзным агроэкологическим последствиям, выразившихся в первую очередь, в колоссальном недоборе урожая и ухудшении его качества.

**Калийное состояние хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв полевых опытов
(над чертой – в начале, под чертой – в конце опыта)**

Варианты	Баланс K ₂ O, кг/га	Содержание соединения K ₂ O, мг/кг		
		Водораствор.	подвижный	необменный
опыт № 1 (минеральная система удобрения, 21 год наблюдений)				
О	- 2543	<u>193</u> 33	<u>493</u> 206	<u>1752</u> 580
N ₉₀₋₁₂₀	-3439	<u>195</u> 24	<u>499</u> 175	<u>1793</u> 532
N ₉₀₋₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	-2421	<u>176</u> 24	<u>422</u> 186	<u>1671</u> 632
опыт № 2 (органо-минеральная система удобрения, 6 лет наблюдений)				
О	-226	<u>91</u> 82	<u>240</u> 216	<u>1210</u> 1064
Навоз, 40 т/га	-22	<u>95</u> 82	<u>248</u> 233	<u>1022</u> 967
NP _{экв} [*] + K ₉₀	-118	<u>91</u> 88	<u>250</u> 264	<u>830</u> 736
NP _{экв} [*] + K ₁₁₅	-58	<u>78</u> 77	<u>215</u> 228	<u>785</u> 742
NPK _{экв} ^{**} (K ₁₄₀)	-19	<u>38</u> 40	<u>180</u> 167	<u>720</u> 803

NP_{экв}* = N₁₀₀P₁₆₀

NPK_{экв}** = N₁₀₀P₁₆₀K₁₄₀

Непродолжительные по времени исследования в опыте на базе зерно-травяно-пропашного севооборота не позволили выявить существенной динамики в калийном состоянии изучаемой хорошо окультуренной почвы (опыт №2). Этому способствовал и небольшой уровень дефицита баланса калия на фоне повышенных и высоких доз калийного удобрения и 40 т/га навоза.

И все же достоверные изменения содержания подвижного калия отмечены в контрольном варианте, где его запасы снизились на 24 мг/кг (10 %). Это вполне объяснимо, учитывая, что среднегодовой дефицит баланса калия составил 57 кг/га. Здесь отмечено и снижение содержания необменного калия на 12 %. В других вариантах опыта, несмотря на отрицательный баланс калия, все изменения как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения носили характер тенденции. И тем не менее, удалось избежать деградации калийного состояния.

В целом же общие потери подвижных соединений калия в хорошо окультуренной почве хотя и были очень большими, но составили лишь треть их расчетной величины. Это связано как с трансформацией обменных соединений почвенного калия, так и частичным использованием данного элемента из подпахотного слоя.

Таким образом, длительный отказ от применения калийных удобрений на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах неизбежно приводит к деградации калийного состояния и ухудшению экологической ситуации. При снижении запасов подвижного калия до 250 мг/кг внесение калийных туков необходимо возобновить, хотя бы из расчёта выноса калия с урожаями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, В. А. Деградация агрохимических свойств пахотных почв Псковской области / В. А. Воробьев // Гумус и почвообразование. – СПб.: СПбГАУ, 2004. – С. 169–171.
2. Воробьев, В. А. Агроэкологические аспекты природно-антропогенной трансформации калийного состояния дерново-подзолистых почв Северо-Запада России: дисс.... докт. с.-х. наук. – Великие Луки, 2016. – 272 с.
3. Иванов, А. И. Экономические и экологические проблемы систем удобрения в полевых севооборотах на дерново-подзолистых почвах / А. И. Иванов, В. А. Воробьев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 1. – С. 37–39.

УДК 631.417.2:633.11"324":631.84

БАЛАНС ГУМУСА В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ НА ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ РАННЕВЕСЕННОГО ЗАПАСА МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА

В. Б. ВОРОБЬЕВ, канд. с.-х. наук, доцент,
С. И. ЛАСТОЧКИНА, канд. с.-х. наук,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В результате исследований установлено, что увеличение урожайности зерна озимой пшеницы сопровождается увеличением не только массы ее послеуборочных остатков, но и повышением минерализации гумуса и, соответственно, приходной статьи баланса гумуса. Так, наименьшим (258 кг/га) этот показатель отмечен в фоновом варианте и наибольшим (620 кг/га) при уровне азотного питания 180 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками.

Общеизвестно, что содержание гумуса является одним из самых важных показателей почвенного плодородия. При длительном использовании почв в качестве пашни гумус непрерывно минерализуется, а содержащиеся в нем элементы питания и, в первую очередь, азот отчуждаются с урожаем. В связи с этим возникает необходимость регулирования количества гумуса в почве и создания условий для обеспечения его бездефицитного баланса [1, 2].

Исследования проводились в 2005–2008 гг. на дерново-палево-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на лессовидном суглинке, подстилаемом мореной с глубины около 1 м. Почва опытных участков характеризовалась близкой к нейтральной реакции среды. Индекс агрохимической почвы колебался в пределах – 0,65–0,72. Почва содержала от 1,74 до 2,56 % гумуса, 151–181 мг/кг подвижных соединений фосфора и 100–166 мг/кг подвижных соединений обменного калия.

Объектом исследований являлась озимая пшеница среднестебельного сорта Капылянка, при норме высева – 5 млн всхожих семян на гектар или 250 кг/га. Предшественник – озимый рапс.

В качестве минеральных удобрений в основную заправку осенью на всей площади опытного участка вносили аммонизированный суперфосфат (30 % P_2O_5 и 7 % N) и хлористый калий (60 % K_2O).

Ранней весной определялась доза азота для первой ранневесенней подкормки по формуле, предложенной Н. Н. Семененко [3, 4, 5]

$$N_{уд.} = N_{опт.} - N_{факт.}$$

где $N_{уд.}$ – доза азотного удобрения, кг.д.в./га; $N_{опт.}$ – оптимальный запас минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га; $N_{факт.}$ – фактическое запас минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га.

С помощью первой азотной подкормки в ранневесенний период в посевах озимой пшеницы было создано пять уровней планируемого запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы: 120, 140, 160, 180 и 200 кг/га. На этих уровнях азотного питания изучалась эффективность двух азотных подкормок, каждая в дозе азота 30 кг д.в./га. При этом в качестве подкормок использовалась аммиачная селитра (NH_4NO_3). Контролем служил вариант без азотных подкормок ($N_{14}P_{60}K_{120}$).

Вторая азотная подкормка проводилась в фазу конец кущения–начало трубкования (стеблевания), перед появлением первого узла. Третья азотная подкормка проводилась в фазу флагового листа.

В наших исследованиях расходная статья баланса гумуса в вариантах опыта определялась по выносу азота из почвы [6]. Для этого, используя данные урожайности зерна и соломы, а так же данные о содержании азота в основной и побочной продукции, был рассчитан вынос данного элемента с отчуждаемым с поля урожаем. Как и следовало ожидать, вынос азота с отчуждаемой с поля продукцией зависел от урожайности озимой пшеницы. В наших исследованиях минимальное значение данного показателя (54,8 кг/га) было отмечено в варианте без азотных подкормок. Максимальное (166,1 кг/га) – на делянках с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в почве 180 кг/га и дополнительными азотными подкормками в фазу конец кущения–начало выхода в трубку и в фазу выхода в трубку–начало колошения.

Повышение ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое до 200 кг д.в./га вызвало снижение использования азота из удобрений зерном и повысило использование азота соломой, что в первую очередь отмечено уменьшением урожайности зерна и увеличением урожайности соломы. Вместе с тем следует отметить, что увеличение планируемого ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое до 200 кг д.в./га значительно увеличило удельный вынос азота.

В целом необходимо отметить наличие тесной корреляционной взаимосвязи между дозой азотного удобрения в посевах озимой пшеницы и удельным выносом азота ($r = 0,92$; $Y = 17,29 + 0,0455 X$). При этом увеличение дозы азотного удобрения на каждые 10 кг сопровождалось увеличением удельного выноса азота на 0,455 %.

Для определения расходной статьи баланса гумуса в варианте без внесения азотного удобрения использовалась формула [6]:

$$R = (Y \times N_b \times K_m \times P_{km} \times 20) / 10000,$$

где R – потери гумуса, т/га; Y – урожайность культуры, ц/га; N_b – вынос азота с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг; P_{km} – поправочный коэффициент на минерализацию гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы; 20 – коэффициент пересчета азота в гумус.

Расчеты показывают, что на контроле в среднем за годы исследований ежегодно минерализовалось 664 кг/га гумуса (табл.). На фоне применения азотного удобрения значение данного показателя находилось в пределах от 443 до 1007 кг/га. Максимальным этот показатель был при ранневесеннем запасе минерального азота в 0–60 см слое почвы 180 кг/га при дополнительных подкормках в фазы конец кущения–начало выхода в трубку и выхода в трубку–начало колошения.

Влияние азотных подкормок на баланс гумуса в посевах озимой пшеницы, возделываемой при разных уровнях ранневесеннего запаса минерального азота в почве (в среднем за 2006–2008 гг.)

Ранневесенний запас минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га	Внесено азота в подкормки, кг д.в./га	Вынос азота с основной и побочной продукцией, кг/га	Минерализовалось гумуса, кг/га	Масса растительных остатков, т/га	Образовалось гумуса, кг/га	Баланс гумуса, кг/га
75 кг/га ($N_{14}P_{60}K_{120}$)	Без азотных подкормок	54,8	664	1,29	258	–406
120*	N_{45}	73,1	443	1,57	314	–129
	$N_{45} + N_{30}$	91,9	557	1,97	394	–163
	$N_{45} + N_{30} + N_{30}$	105,1	637	2,2	440	–197
140*	N_{65}	88,8	538	1,87	374	–164
	$N_{65} + N_{30}$	111,2	674	2,23	446	–228
	$N_{65} + N_{30} + N_{30}$	130,6	791	2,5	500	–291
160*	N_{85}	105,0	636	2,16	432	–204
	$N_{85} + N_{30}$	128,4	778	2,53	506	–272
	$N_{85} + N_{30} + N_{30}$	147,8	896	2,77	554	–342
180*	N_{105}	120,7	731	2,48	496	–235
	$N_{105} + N_{30}$	147,3	893	2,85	570	–323
	$N_{105} + N_{30} + N_{30}$	166,1	1007	3,1	620	–387
200*	N_{125}	114,8	696	1,99	398	–298
	$N_{125} + N_{30}$	132,4	802	2,1	420	–382
	$N_{125} + N_{30} + N_{30}$	145,7	883	2,2	440	–443

* – создавались с помощью первой азотной подкормки в ранневесенний период.

Вынос азота с основной и побочной продукцией зависит в первую очередь от величины урожая. Именно поэтому между урожайностью зерна, с одной стороны, и минерализацией гумуса – с другой, существует тесная корреляционная связь ($r = 0,94$; $Y = 167,6X - 160,6$). Анализ этой связи показывает, что в интервале урожайности от 3,75 до 7,00 т/га увеличение урожайности зерна на каждый 1 ц сопровождается увеличением количества минерализовавшегося гумуса почти на 16,8 кг/га. При схожих условиях представленное уравнение регрессии можно использовать для определения расходной статьи баланса гумуса в посевах озимой пшеницы.

По мере увеличения урожайности зерна увеличивалась не только минерализация гумуса, но и масса послеуборочных остатков, а соответственно приходная статья баланса гумуса. Наименьшим (258 кг/га) этот показатель был в варианте без внесения азотного удобрения и наибольшим (620 кг/га) при уровне азотного питания 180 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками.

Сопоставление приходной и расходной статей показало наличие отрицательного баланса гумуса во всех вариантах опыта. В контрольном варианте баланс гумуса составил –406 кг/га. Азотные удобрения (за исключением варианта с планируемым ранневесенним запасом минерального азота в 0–60 см слое почвы 200 кг/га при двух дополнительных азотных подкормках –443 кг/га) снизили темпы дегумификации почвы. Наименьшие потери гумуса (–129 кг/га) отмечены при минимальной дозе азота 45 кг д.в./га.

По мере увеличения дозы азотного удобрения потери гумуса возрастали. Начиная с 45 кг д.в./га увеличение дозы азотного удобрения на каждый килограмм действующего вещества сопровождается увеличением отрицательного баланса гумуса в среднем на 2,28 кг/га. Это убедительно подтверждается наличием тесной отрицательной корреляционной связи между балансом гумуса в почве и дозами азотного удобрения, внесенного под озимую пшеницу. Она характеризовалась коэффициентом корреляции –0,98 и подчинялась уравнению регрессии $Y = -8,16 - 2,28X$.

Приведенные данные имеют расчетный характер и требуют уточнения путем проведения длительных стационарных опытов. Тем не менее, они однозначно позволяют сделать вывод о том, что азотные удобрения оказывают существенное влияние на баланс гумуса в почве.

Доля послеуборочных остатков в биомассе растений в среднем за годы исследований находилась в пределах от 13,3 до 17,0 %. Она оказалась наименьшей (14,3–13,3 %) на делянках с ранневесенним запасом минерального азота в 0–60 см слое почвы 200 кг/га.

При возделывании озимой пшеницы без применения азотных подкормок на фоне $N_{14}P_{60}K_{120}$, внесенных в основную заправку, баланс гумуса в среднем за три года составил –406 кг/га. При ранневесенней азотной подкормке в дозе 45 кг д.в./га –129 кг/га.

По мере увеличения суммарной дозы азотных подкормок потери гумуса возрастали. Начиная с 45 кг д.в./га увеличение дозы азотного удобрения на каждый килограмм действующего вещества сопровождается уменьшением баланса гумуса в среднем на 2,28 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков, А. М. Органическое вещество и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия / А. М. Лыков. – М., 1977. – 330 с.
2. Лыков, А. М. Органическое вещество и плодородие почвы / А. М. Лыков // Актуальные проблемы земледелия. – М.: Колос. – 1984. – С. 34–42.
3. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / под ред. Г. И. Кузнецов, Н. И. Смеян, Г. С. Цыtron [и др.]. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
4. Семененко, Н. Н. Методические указания по проведению комплексно-растительной диагностики азотного питания зерновых культур в БССР / Н. Н. Семененко, А. З. Денисова, А. Г. Корзун. – Минск, 1988. – 30 с.
5. Семененко, Н. Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н. Н. Семененко. – Минск: Бел. изд. Тов-во «Хата», 2004. – №6. – С. 24–26.
6. Методика расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2007. – 20 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА ЛЮБАВА В УСЛОВИЯХ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. М. ВЬЮГИН, д-р. с.-х. наук, профессор,
ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, г. Смоленск, Россия,
Г. В. ВЬЮГИНА, д-р. с.-х. наук, профессор,
ФГБОУ ВО СмолГУ, г. Смоленск, Россия

Разный уровень интенсификации отечественного земледелия требует системного подхода к обобщению и разработке региональных технологий возделывания зерновых и зернобобовых культур применительно для конкретных почвенно-климатических условий Центрального региона РФ, в том числе и Смоленской области.

Большинство специалистов единодушны в том мнении, что система обработки почвы в севообороте должна быть комбинированной и разноглубинной с учетом требовательности культур. Сочетание щелевания со вспашкой по данным исследователей сокращает энергозатраты, уменьшает плотность и твердость корнеобитаемого и подпахотного слоев почвы, нормализует водный и воздушный режимы почвы, способствует формированию мощной корневой системы [1].

Многолетними исследованиями, выполненными в нашей стране и республике Беларусь, доказано, что локальное внесение удобрений повышает коэффициент использования питательных веществ удобрений на 10–15 %, снижает их потери из почвы и засоренность посевов. Эффект локализации особенно сильно проявляется в годы с недостатком влаги, а также на переувлажненных и низкопродуктивных почвах [2,3,4 5].

Продуктивность зерновых культур во многом определяется их устойчивостью к неблагоприятным экологическим факторам. В литературе широко обсуждается вопрос о влиянии брассинолидов на процесс адаптации растений к различным стрессам.

В большинстве работ, посвященных механизму действия брассинолидов на физиологические процессы, рассматривается их влияние на продуктивность растений. Общее повышение продуктивности, как отмечается в литературе, обусловлено увеличением разных показателей этого процесса, в том числе возрастанием количества и массы зерновок с колоса, увеличением массы 1000 зерен, длины колоса [6,7,8].

Полевой двухфакторный опыт по изучению реакции яровой пшеницы Любава на разные технологические приемы проведен в условиях Смоленской области в 2015–2018 гг. по следующей схеме.

Обработка

Вспашка на 20–22 см плугом ПЛН-4-35.

Вспашка на 20–22 см плугом ПЛН-4-35 со щелеванием на 35 см ножами-щелерезами конструкции ССХИ.

Технологии

Экстенсивная – внесение минеральных и органических удобрений, использование химических средств защиты растений от сорняков, вредителей и болезней не предусмотрены (табл. 1).

Адаптивная – средние дозы минеральных удобрений, вносимые локально, система защиты растений от сорняков, вредителей и болезней предусматривала средние рекомендованные дозы пестицидов.

Интенсивная – высокие дозы минеральных удобрений, система защиты растений от сорняков, вредителей и болезней предусматривала максимально рекомендованные дозы пестицидов.

Органическая – навоз в дозе 20 т/га. В качестве индуктора устойчивости использовали эпин-экстра при норме расхода препарата: предпосевная обработка семян – 200 мл/т; опрыскивание в фазе кущения – 50 мл/га. Технология может быть рекомендована для производства органической (экологически чистой) продукции.

Площадь учетной делянки составляла 40 м². Основные исходные агрохимические показатели дерново-подзолистой среднесуглинистой на покровном суглинке почвы следующие: содержание гумуса – 1,92 %; рН_{кол.} – 5,9; Нг – 2,6 смоль/кг почвы; S – 14 смоль/кг почвы; подвижного фосфора – 171 мг/кг почвы и подвижного калия – 194 мг/кг почвы.

Технология возделывания яровой пшеницы, кроме изучаемых агроприемов, общепринятая для Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации. Минеральные удобрения в форме азофоски на интенсивном фоне вносили вручную до проведения основной обработки, на адаптивном фоне – локально зерновой сеялкой СЗ-3,6 после предпосевной культивации. На органическом фоне навоз вносили под основную вспашку.

Таблица 1. Схема применения удобрений и пестицидов в посевах яровой пшеницы

Уровни технологий	Гербициды	Фунгициды	Инсектициды	Удобрения
Экстенсивный	–	–	–	–
Адаптивный	Агритокс, ВК (500 г/л МЦПА к-ты) 1,2 л/га	Фундазол, СП (500 г/кг), 2 кг/т семян	Карате Зеон, МКС лямбда-цигалотрин, 50 г/л, 0,1 л/га	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
Интенсивный	Агритокс, ВК (500 г/л МЦПА к-ты) 1,5 л/га	Фундазол, СП (500 г/кг), 3 кг/т семян	Карате Зеон, МКС лямбда-цигалотрин, 50 г/л, 0,2 л/га	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Органический	–	–	–	Навоз, 20 т/га, эпин-экстра, Р (0,025 г/л)

Для увеличения производства продовольственного зерна в Центральном регионе Российской Федерации в последние годы все более пристальное внимание уделяется яровой пшенице. Это в первую очередь связано с успехами отечественной и зарубежной селекции в выведении урожайных и устойчивых сортов с хорошим качеством зерна.

Потенциальные возможности сорта реализуются в полевых условиях с применением комплекса агротехнических мероприятий, включая такие важные для Центрального Нечерноземья, как обработка почвы, удобрения, защита от сорняков, вредителей и болезней. Интегральным показателем состояния агрофитоценоза является урожайность, которая представлена в табл. 2. По экстенсивной технологии в зависимости от обработки было получено 1,98–2,08 т/га зерна яровой пшеницы. По сравнению с экстенсивной технологией прибавки по адаптивной технологии составили 1,14–1,23 т/га, по интенсивной – 1,59–1,69 т/га, и по органической соответственно 1,09–1,17 т/га при НСР₀₅ равной 0,14т. На всех фонах лучшим способом обработки была вспашка с щелеванием.

Совершенно очевидно, что значительный резерв зернового хозяйства состоит в сочетании высокого уровня урожайности пшеницы с хорошими мукомольно-хлебопекарными качествами.

Развитие адаптивного растениеводства, основанного на получении стабильного урожая зерна высокого качества может быть реализовано сочетанием селекционных и технологических методов. Эффективность реализации потенциала сорта тесно связана с технологией возделывания.

Таблица 2. Урожайность яровой пшеницы Любава при разных уровнях технологий возделывания (среднее за 2015–2018 гг.)

Обработка	Уровни технологий	Урожайность, т/га	Прибавка от, т/га	
			уровня технологий	почвоуглубления
Вспашка на 20–22 см	экстенсивный	1,98	–	–
	адаптивный	3,12	1,14	–
	интенсивный	3,57	1,59	–
	органический	3,07	1,09	–
Вспашка на 20–22 см с почвоуглублением на 35 см	экстенсивный	2,08	–	0,10
	адаптивный	3,31	1,23	0,19
	интенсивный	3,77	1,69	0,20
	органический	3,25	1,17	0,18
НСР ₀₅			0,14	0,08

Натурный вес зерна в опытных вариантах колебался от 754 до 776 г/л, что позволяет отнести образцы к первому классу продовольственного зерна.

Содержание клейковины и белка существенно увеличивалось при возрастании доз внесенных удобрений. При этом по адаптивной технологии по вспашке содержание белка составляло 14,1 %, а при щелевании та же технология обеспечивала накопление 14,9 % белка. Особенно важно отметить, что достаточно высокое содержание белка и клейковины отмечалось на органической фоне по традиционной обработке 13,9 и 24,1 %. а по почвоуглубляющей – 14,2 и 24,4 %, что соответствует требованиям, предъявляемым к ценной пшенице.

Таким образом, можно утверждать, что изученные в полевом опыте элементы региональных технологий способствовали повышению урожайности и улучшали основные технологические показатели зерна. Наиболее быстрое и активное усиление процесса адаптации наблюдалось при переходе от экстенсивной технологии к адаптивной, то есть умеренному уровню напряженности агротехнологий. Примерно такие же показатели или несколько худшие демонстрировала и органическая технология, а интенсивный уровень технологии возделывания по промежуточным показателям а особенно итоговым выделялся как наиболее эффективный. Обработка с щелеванием во всех случаях оказывала положительное воздействие на формирование урожайности и качественные характеристики зерна. Обобщая полученные экспериментальные данные, можно заключить что в условиях Центрального

региона в технологиях возделывания яровой пшеницы Любава следует предусмотреть невысокие ($N_{60}P_{60}K_{60}$) дозы минеральных удобрений, вносимые локально и нижний предел доз пестицидов, рекомендованный для интенсивных технологий. Для усиления адаптивного потенциала посевов яровой пшеницы предлагается использование препарата эпин-экстра, как индуктора защитных реакций широкого спектра действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оптимизация функционирования адаптивных механизмов корневых клеток локализацией минеральных удобрений (монография) / А. М. Гордеев [и др.]. – М.: РГАУ-МСХА им. Тимирязева, 2006. – 282 с.
2. Горбылева, А. И. Совершенствование системы и технологии внесения удобрений в севообороте на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: автореф. дис. доктора с.-х. наук. – Скривери: Латвийский научно-исследовательский институт земледелия и экономики сельского хозяйства, 1978 – 46с.
3. Каликинский, А. А. Результаты исследования эффективности ленточного внесения минеральных удобрений в условиях дерново-подзолистых почв Белоруссии / А. А. Каликинский, И. Р. Вильдфлуш, Г. И. Мангутова // Бюллетень ВИАУ. – 1990. – №99. – С. 11–14.
4. Вьюгина, Г. В. Варьирование урожайности сортов яровой мягкой пшеницы при разном уровне применения удобрений / Г. В. Вьюгина, С. М. Вьюгин // Доклады РАСХН – 2005 – №2. – С. 5–7.
5. Персикова, Т. Ф. Продуктивность бобовых культур при локальном внесении удобрений: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – 204 с.
6. Персикова, Т. Ф. Эффективность регуляторов роста в зависимости от уровня питания для яровой пшеницы / Регуляторы роста и развития растений. / Т. Ф. Персикова, А. Р. Цыганов. – Тез. докл. 5 межд. конф. – М.: 1999, ч. 2. – С. 230.
7. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность комплексного применения минеральных удобрений и новых регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы и картофеля на дерново-подзолистой почве / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, К. А. Гурбан // Агрохимия. – 2000. – № 4. – С. 57–62.
8. Вьюгина, Г. В. Регуляторы роста растений: от теории к практике: Монография / Г. В. Вьюгина, С. М. Вьюгин. – Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2017. – 117 с.

УДК 581.9

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

А. В. ГАНИЧЕВА, канд. физ.-мат. наук, доцент,
ФБГОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»,
А. В. ГАНИЧЕВ, доцент кафедры информатики и прикладной математики,
ФБГОУ ВО «Тверской государственный технический университет»,
г. Тверь, Россия

Процесс усваивания растениями питательных веществ является одним из важнейших в растениеводстве. Для него разработаны математические модели на основе экспериментальных данных [1], дифференциальных уравнений [2], теории марковских цепей [3]. Обзор различных моделей роста растения приведен в [4]. При исследовании такого сложного процесса, как рост растений, должен применяться системный подход на основе комплексного использования различных современных математических методов.

Целью данной статьи является разработка системного подхода к построению модели усвоения растениями раствора с удобрением в виде дифференциального уравнения и системы массового обслуживания.

Рассмотрим следующую модель усваивания растениями питательных веществ.

Пусть $y(t)$ - объём водного раствора, p - количество удобрений, приходящееся на единицу объёма. Тогда $z(t) = p \times y(t)$ – объём раствора с удобрением. Обычно целенаправленно усваивается при поливе часть раствора (остальная часть либо испаряется, либо идет мимо, в том числе на сорняковую площадь). Пусть это будет m -я часть. Обозначим через

$$q(t) \text{ величину } m \times z(t) = m \times p \times y(t),$$

здесь $0 < m < 1$.

Будем считать, что $q(t)$ пропорциональна скорости изменения объёма $z(t)$.

Пусть при $t = t_0$ $z(t_0) = z_0$. Можно показать, что

$$z(t) = z_0 e^{kmp(t+t_0)}.$$

Если p зависит от t , то это уравнение преобразуется к виду:

$$z(t) = e^{km \int_0^t p(t) dt}.$$

Таким образом, данные уравнения описывают усвоение растениями раствора с удобрением. Рассмотрим, как изменяется этот процесс во времени.

Пусть $t_0=0$, $z_0=0$, $m=2/3$, $p=1$, тогда $z(t) = z(t) = e^{\frac{t}{2}}$. График функции на участке $t \in [0, T]$, где $T=12$ часов (модель рассматривается в часовом или суточном масштабе времени), показан на рис. 1.

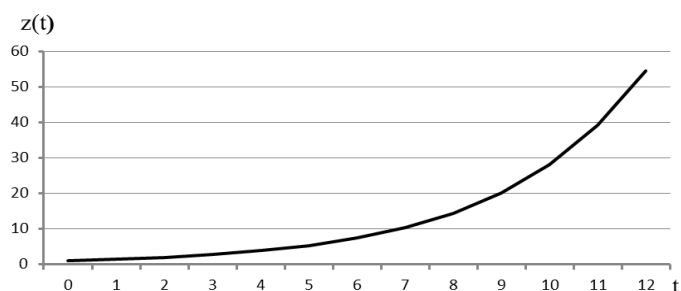


Рис. 1. Усвоение растениями раствора с удобрением

В общем случае величина p является функцией относительно объема z . В этом случае могут быть следующие варианты- рис. 2–4.

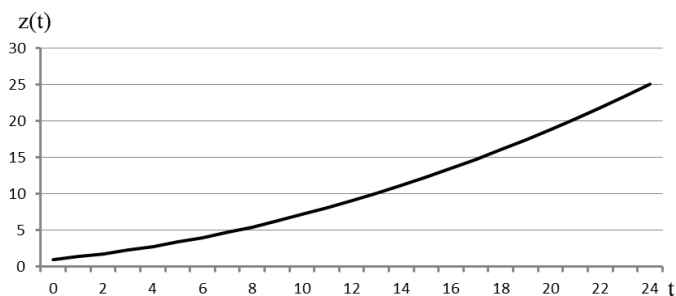


Рис. 2. Выпуклая вниз возрастающая функция усвоения растениями раствора

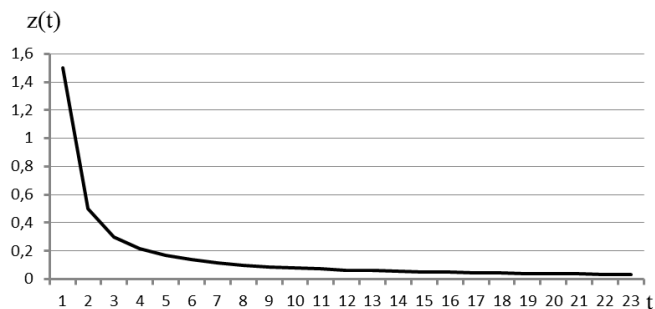


Рис. 3. Выпуклая вниз убывающая функция усвоения растениями раствора

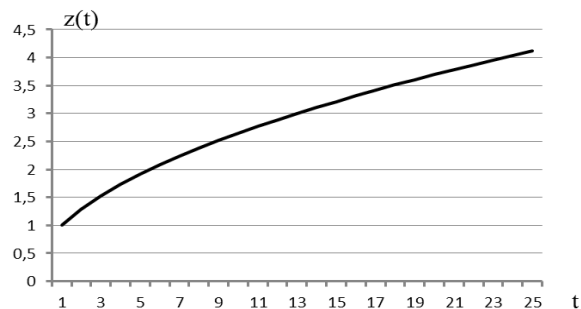


Рис. 4. Выпуклая вверх возрастающая функция усвоения растениями раствора

Любое растение представляет собой сложную систему, которая постоянно осуществляет обмен с окружающей средой. Это структурированная система, состоящая из определённых составных элементов: корня, стебля, листьев, цветков.

Каждый лист растения, цветок, корень, участки стебля между листьями можно рассматривать как каналы, по которым поступает вода и растворенные в ней удобрения.

Имеем n -канальную систему массового обслуживания с ожиданием, на которую поступает порционный поток удобрения (каждая порция-заявка с плотностью λ). Интенсивность обслуживания (усвоения каналами удобрения) μ ; число порций удобрения в очереди $\bar{m}$.

Имеем n -канальную систему массового обслуживания. Состояния системы:

S_0 – все каналы свободны, S_k – заняты k -каналов, S_{n+l} – заняты n -каналов, l – заявок стоит в очереди ($l = \overline{1, m}$).

Вероятности состояний:

$$P_0 = \frac{\rho}{n!} \left[1 + \frac{\rho}{1!} + \dots + \frac{\rho}{n!} \frac{\rho/n - \rho/n^{m+n}}{\rho/n^{m+n}} \right],$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$;

$$P_k = \frac{\rho^k}{k!} P_0, \quad P_{n+l} = \frac{\rho^{n+l}}{n^m n!} P_0.$$

Относительная пропускная способность (отношение среднего числа усвоенных порций в единицу времени к среднему числу поступивших за это время порций):

$$q = 1 - P_{отк},$$

абсолютная пропускная способность (среднее число порций удобрений, которое может принять растение за единицу времени):

$$A = \lambda \cdot q.$$

Среднее число занятых каналов (среднее число каналов растения, в которых происходит усвоение удобрений):

$$\bar{z} = \frac{A}{\mu}.$$

Среднее число заявок в очереди (среднее число неиспользованных порций удобрения):

$$\bar{r} = \frac{\rho^{n+1} P_0}{n \cdot k} \frac{1 - \frac{m+1}{1-\chi} \chi + m\chi}{1 - \chi^2},$$

где $\chi = \rho/n$.

Среднее число заявок, связанных с системой (среднее число порций удобрений, предназначенных для данного растения): $\bar{z} + \bar{r}$. Среднее время ожидания: $\bar{t}_{ож} = \bar{r}/\lambda$.

Среднее время пребывания заявки в системе (среднее время питания): $\bar{t}_{ож} = \bar{t}_{сист} + q/\mu$.

Использование предлагаемого метода позволит более качественно организовать программируемое питание растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайленко, И. М. Математическое моделирование роста растений на основе экспериментальных данных / И. М. Михайленко // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 1. – С. 103–111.
2. Колпак, Е. П. Математическая модель кинетики роста растений / Е. П. Колпак, М. В. Столбова // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2013. – № 12 (90). – С. 230–232.
3. Ганичева, А. В. Системы в растениеводстве / А. В. Ганичева // Материалы всеросс. науч.-практ. конф.: «Инновационные и нанотехнологии в системе стратегического развития АПК региона». – Тверь: ТГСХА, 2013. – С. 271–274.
4. Журавлева, В. В. Математические модели процессов регуляции в физиологии растений / В. В. Журавлева // Известия Алтайского государственного университета. – 2008. – № 1. – С. 41–57.

УДК 631.879.42 : 631.417.2

КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

В. А. ГЕТМАНЕНКО, канд. с.-х. наук,
 ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского»,
 г. Харьков, Украина

Одним из рациональных путей повышения эффективности органических и минеральных удобрений и уменьшения их негативного воздействия на окружающую среду является применение новых видов и форм удобрений, которые имеют экологические, агрономические и экономические преиму-

щества. Комплексные органо-минеральные удобрения на основе местных ресурсов, состав которых учитывает потребности основных групп сельскохозяйственных культур, открывают новые возможности повышения эффективности средств удобрения и, как следствие, сохранение плодородия почв и повышения продуктивности севооборотов.

Прямая утилизация осадков сточных вод (ОСВ) влечет за собой существенные экологические риски, но вместе с тем, высокая удобрительная ценность обуславливает перспективы переработки их на твердые органоминеральные удобрения. Высокая влажность, даже обезвоженных ОСВ (на уровне 80–86 %) является серьезным препятствием. С целью оптимизации переработки ОСВ на твердые органоминеральные удобрения были рассчитаны соотношения компонентов исходя из технологических требований и потребностей конкретных сельскохозяйственных культур (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика исходных материалов для производства твердых органоминеральных удобрений на основе ОСВ

Материал	Влажность, %	Собщ, %	Содержание общих форм, % на сухое вещество		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Компостированный ОСВ	53,0	15,1	2,3	4,1	1,5
Бентонит	5,0	–	–	1,0	1,0
Сульфат аммония	0,2	–	21,0	–	–
Фосфоритная мука	1,5	–	–	22,0	–
Хлористый калий	1,0	–	–	–	57,0

Определение эффективности ОМУ на основе ОСВ проводилось в условиях вегетационного опыта. Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений)
2. ОМУ на основе ОСВ негранулированное (N₉₀P₆₀K₆₀)
3. ОМУ на основе ОСВ гранулированное (N₉₀P₆₀K₆₀)
4. Минеральное удобрение (N₉₀P₆₀K₆₀)

Почва: чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый. Культура: кукуруза на зеленую массу.

Коэффициент использования элементов питания считается одним из главных показателей оценки эффективности применения удобрений. Известно, что коэффициенты использования элементов питания нестабильны и изменяются в зависимости от биологических особенностей культуры, урожайности, вида удобрения и других условий [1].

Таблица 2. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из удобрений

Вариант	Коэффициенты использования элементов из удобрения, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
ОМУ на основе ОСВ негранулированное (N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀)	66	13	112
ОМУ на основе ОСВ гранулированное (N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀)	36	11	78
Минеральное удобрение (N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀)	50	12	81

Самый высокий коэффициент использования (КИ) азота растениями кукурузы (66 %) определен после внесения минерального удобрения. КИ фосфора изменяется от 67 до 83 % и достигает самых высоких величин при внесении гранулированной формы ОМУ. Отмечается высокое поглощение калия из изучаемых ОМУ (до 81 %)

Эффективность действия новых видов удобрений была выше по сравнению с вариантами, где вносились эквивалентные дозы минеральных удобрений. Гранулированная форма ОМУ по эффективности их действия имела преимущество по сравнению с негранулированными удобрениями аналогичного состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзюин, Г. П. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений, навоза и почвы культурами севооборота / Г. П. Дзюин, А. Г. Дзюин // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5–1. – С. 83–90.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. ГРИНЬКО, канд. с.-х. наук,
В. А. КУЛЬГИН, канд. с.-х. наук,
ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр,
п. Рассвет, Ростовская область, Российская Федерация

Среди яровых зерновых, возделываемых в условиях Ростовской области, наряду с традиционной пшеницей, перспективной культурой является тритикале, отличающаяся высокой стрессовыносливостью к засушливому климату, характерному для региона. Названные культуры имеют высокую адаптивность к местным условиям возделывания, их зерно пользуется большим спросом у потребителей. Однако площади выращивания яровой пшеницы и тритикале ограничены, они используются, в основном, для подсева и пересева погибших озимых культур. Среди причин недостаточной востребованности яровых зерновых сельхозтоваропроизводителями – их невысокая и неустойчивая по годам продуктивность. По данным Минсельхоза, в Ростовской области средняя урожайность яровой пшеницы и тритикале не превышает 2,0 т/га, что значительно ниже их потенциала [1].

Приоритетным направлением при решении проблемы стабилизации производства яровых зерновых и получения высоких, устойчивых урожаев является дальнейшее совершенствование их технологий возделывания применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям, широкое использование достижений селекции [2, 3, 4]. При этом для реализации высокой потенциальной продуктивности новых сортов необходимы современные, адаптированные к условиям засушливого климата технологии возделывания. В связи с этим нами разрабатывались ключевые элементы технологии возделывания для новых перспективных сортов яровых зерновых: твердой яровой пшеницы Мелодия Дона и яровой тритикале – Саур, выведенных селекционерами ФГБНУ ФРАНЦ.

Целью исследований, проводившихся на опытном стационаре ФГБНУ ФРАНЦ в 2016–2017 гг., являлось изучение влияния уровней минерального питания при разных нормах высева семян на урожайность яровой пшеницы Мелодия Дона и яровой тритикале Саур в почвенно-климатических условиях приазовской зоны Ростовской области. Варианты опыта были расположены в пространстве в четырехкратной повторности. При этом на варианты с разными нормами высева были наложены варианты с уровнями минерального питания растений. Опыт двухфакторный. *Фактор А – Норма высева семян*: 1. Норма 3 млн шт./га (контроль); 2. Норма 4 млн шт./га; 3. Норма 5 млн шт./га. *Фактор Б – Режим питания растений*: 1. Без удобрений (контроль) (б/у); 2. Средний уровень питания – $N_{40}P_{40}K_{40}$ (0,5 NPK); 3. Высокий уровень питания – $N_{80}P_{80}K_{80}$ (NPK).

Сев яровой пшеницы и тритикале в годы исследований проводился в одинаковые сроки: в 2016 году – 4 апреля, в 2017 – 6 апреля. Нормы удобрения под изучаемые культуры были идентичны и вносились дробно. Под основную обработку почвы калийно-фосфорные в дозах – $P_{80}K_{80}$, и $P_{40}K_{40}$. Азотные подкормки (аммиачная селитра) вносились также дробно: под предпосевную культивацию по вариантам – (N_{40}), (N_{20}), и в прикорневую подкормку по вариантам – (N_{40}), (N_{20}) в фазе весеннего кущения культур. При проведении основных обработок почвы под яровую пшеницу и тритикале применялась отвальная вспашка на 25–27 см [5].

Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным, карбонатным среднесуглинистым легкосуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0–4,2 %, общего азота 0,22–0,25 %. Содержание минерального азота и подвижного фосфора низкое, обменного калия – повышенное. Реакция почвенного раствора слабощелочная (pH=7,1–7,3). Плотность сложения пахотного слоя в ненарушенном состоянии составляет 1,27 г/см³. Агротехника при проведении опыта соответствовала зональным рекомендациям. При проведении опыта использовались общепринятые методики.

В годы проводимых исследований погодные условия роста и развития изучаемых культур имели следующие показатели гидротермического коэффициента: в 2016 г. – 0,82, в 2017 г. – 0,77, характеризуя вегетационные периоды как «засушливые».

Разные плотность посевов и уровень минерального питания яровой пшеницы и яровой тритикале определили существенные отличия условий вегетации культур на вариантах опыта, отразившись на средних показателях урожайности (табл. 1).

Анализ приведенных данных показывает пропорциональное увеличение продуктивности яровых зерновых культур по мере возрастания нормы высева семян. Наиболее наглядно эта закономерность просматривается на пшенице, где увеличение плотности посева с 3 до 4 млн шт./га, независимо от

фона минерального питания, способствовало повышению урожайности на 4,5–8,4 ц/га, что составляет 24,6–35,6 %.

Таблица 1. Урожайность яровых зерновых культур в зависимости от фона удобрений и нормы высева семян

Культура	Норма высева, млн шт./га	Урожайность, ц/га / %, фон NPK			Прибавка урожайности от удобрений, фон NPK			
		б/у	0,5 NPK	NPK	0,5 NPK		NPK	
					ц/га	%	ц/га	%
Яровая пшеница	3 (контроль)	18,3	22,2	23,6	3,9	21,3	5,3	29,0
		100	100	100				
	4	22,8	27,9	32,0	5,1	22,4	9,2	40,4
		124,6	125,7	135,6				
	5	24,0	31,4	36,1	7,4	30,8	12,1	50,4
		131,1	141,4	153,0				

минерального питания $N_{80}P_{80}K_{80}$ эффективность использования удобрений оказалась ниже, а соответствующая отдача от их применения по вариантам нормы высева не превысила 2,21–5,04 кг/кг.

Подобные изменения отмечены и при выращивании яровой тритикале, где средний фон удобрений $N_{40}P_{40}K_{40}$, независимо от нормы высева семян, обеспечивал получение 2,33–4,58 кг дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений, а соответствующая отдача от применения более интенсивной нормы $N_{80}P_{80}K_{80}$ оказалась не выше 1,83–3,58 кг/кг.

Таким образом, применение высокого фона минерального питания яровых зерновых культур способствовало существенному увеличению их продуктивности. Наибольшая прибавка урожайности при этом составила: на яровой пшенице – 12,1 ц/га (50,4 %), яровой тритикале – 8,6 ц/га (42,6 %), по сравнению с контролем.

Наибольшая эффективность использования удобрений при возделывании яровых пшеницы и тритикале обеспечивалась средним фоном минерального питания $N_{40}P_{40}K_{40}$, независимо от плотности посевов. Самый высокий показатель получен на варианте с нормой высева 5 млн шт./га, где на каждый кг внесенных удобрений было получено дополнительной продукции: на пшенице 6,17 кг, тритикале – 4,58 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урожайность тритикале озимой и яровой в хозяйствах всех категорий [Электронный ресурс] // <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/urozhajnost-tritikale-ozimoi-i-yarovoij-v-khozyajstvakh-vsekh-kategorij.html> (дата обращения: 22.11.2017).
2. Бирюков, К. Н. Некоторые аспекты технологии возделывания ярового тритикале на севере Ростовской области / К. Н. Бирюков, А. И. Грабовец, А. В. Крохмаль // Тритикале. Агротехника, технологии использования зерна и кормов: Материалы Междунар. науч.-практ. конф.: «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки». – Ростов н/Д, 2016. – С. 6–12.
3. Зинченко, В. Е. Влияние элементов технологии на продуктивность яровой пшеницы в условиях обыкновенных черноземов / В. Е. Зинченко, А. В. Гринько, В. А. Кулыгин // Зернобобовые и крупяные культуры – 2017. – №1 (21). – С. 66–71.
4. Гринько, А. В. Влияние фона минерального питания на урожайность ярового тритикале при разных способах основной обработки почвы / А. В. Гринько, В. А. Кулыгин // Бюллетень науки и практики: Электрон. журн. – 2017. – №12. – С. 130–135. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.cjm/grinko-kulygin> (дата обращения 15.12.2017).
5. Гринько, А. В. Приемы возделывания яровой тритикале в Ростовской области / А. В. Гринько, Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 3 (71). С. 220–224.

УДК 631.445.4:631.452:(470.324)

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОПАРОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ

А. И. ГРОМОВИК, канд. биол. наук,
ФГБУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Россия

Чернозем является общепринятым почвенным эталоном среди большого разнообразия типов почв. Несмотря на свое природное совершенство, черноземы претерпевают значительные, нередко негативные, изменения в процессе их длительного сельскохозяйственного использования. Поэтому в целях оптимизации эффективного плодородия агроприемов большое значение имеет система удобрения. Адекватная оценка эффективности применения удобрений и последующие рекомендации по их использованию в агроэкосистемах должны основываться на комплексных исследованиях в длительных стационарных полевых опытах, позволяющих выявить не только закономерности изменения основных показателей гумусового состояния почв, но и обосновать рациональные энергетически ценные и экономически выгодные дозы удобрений для получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур. Такие комплексные исследования в регионе практически отсутствуют, в связи с чем целью настоящей работы было изучение изменения основных показателей гумусового состояния черноземов выщелоченных при длительном применении удобрений.

Исследования проводились на территории землепользования ГНУ ВНИИСС (Рамонский р-н. Воронежской обл.). В качестве объектов исследований были выбраны черноземы выщелоченные малогумусные среднемощные тяжелосуглинистые на покровных карбонатных лессовидных суглинках полевого стационарного опыта.

Изучаемые черноземы характеризуются относительно невысоким содержанием гумуса (4,5–5,3 % в слое 0–20 см) и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Содержание физической глины

в пределах первого метра почвы колеблется от 54 до 60 %. Выщелоченные черноземы во всех вариантах стационарного опыта имеют высокую микроагрегированность (фактор структурности в гумусовом горизонте достигает 93–96 %) и оптимальные показатели структурно-агрегатного состава (коэффициент структурности и критерий водопрочности агрегатов варьируют в пахотных горизонтах соответственно в пределах 2,3–4,0 и 58–66 %). Физико-химические свойства изучаемых почв также вполне благоприятны: в слое 0–20 см сумма обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} составляет 33–37 смоль/кг почвы, степень насыщенности основаниями – 86–91 % и $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ – 5,2–6,3 ед. [1].

Схема полевого опыта представлена 9-польным зернопаропропашным севооборотом, заложенным в 1936 г. с различными вариантами внесения удобрений: I. Контроль – без внесения удобрений; II. $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 25$ т/га навоза; III. $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90} + 25$ т/га навоза; IV. $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 50$ т/га навоза; V. $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$. В качестве минеральных удобрений использовалась АЗФК (N:P:K=16:16:16), которая вносилась под сахарную свеклу перед основной обработкой почвы. Навоз вносился один раз в ротацию в паровом звене севооборота. Размещение вариантов систематическое. Площадь опытной делянки составляет 133,7 м², учетная площадь – 10,8 м².

Показатели гумусового состояния определяли по общепринятым методикам [2, 3]. Полученные результаты подвергались статистической обработке по Доспехову [4].

Удобрения оказывают как прямое, так и косвенное влияние на увеличение содержания гумуса в почве. При внесении навоза источником гумуса в почве является органическое вещество навоза (прямое влияние) и пожнивно-корневые остатки (косвенное влияние), а при использовании минеральных удобрений – только пожнивно-корневые остатки. Максимальное увеличение запасов гумуса (16 т/га в пахотном горизонте) отмечается в варианте с двойной дозой навоза. В вариантах, где вносили 25 т/га навоза (II, III), этот показатель в пахотном горизонте повысился на 10 и 13 т/га соответственно. При внесении $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$ запасы гумуса возросли на 13 т/га по сравнению с контрольным вариантом (табл.).

Некоторые показатели гумусового состояния черноземов выщелоченных

№ Варианта	Глубина, см	Гумус			Запасы активных компонентов в составе гумуса, т/га			$\frac{C_{\text{ГК}}}{C_{\text{ФК}}}$
		%	т/га	$C_{\text{ЛОВ}}$	$C_{\text{ЛГК}}$	$C_{\text{ПОВ}}$	$C_{\text{ВОВ}}$	
I.	0–20	4,53	101	2,8	3,8	4,4	1,0	2,11
	20–40	4,00	94	1,7	3,0	3,3	1,4	2,08
	40–60	2,65	65	1,7	2,3	2,9	1,0	1,78
II.	0–20	5,02	111	4,1	4,4	4,9	2,1	2,18
	20–40	4,40	100	2,9	3,6	4,0	2,7	2,07
	40–60	2,94	71	2,6	3,0	3,8	1,9	1,75
III.	0–20	5,11	114	4,8	5,7	6,3	2,5	2,08
	20–40	4,47	103	3,9	4,8	4,8	3,5	2,02
	40–60	3,01	73	3,2	3,9	3,5	2,4	1,67
IV.	0–20	5,33	117	5,3	6,1	6,2	3,3	2,23
	20–40	4,60	104	4,6	3,8	4,0	4,3	2,06
	40–60	3,14	74	3,5	3,1	3,4	3,5	1,73
V.	0–20	5,16	114	4,5	5,6	5,8	2,5	1,91
	20–40	4,53	102	3,3	4,4	4,9	3,4	1,74
	40–60	3,18	75	2,3	3,9	4,1	2,8	1,51
HCP ₀₅	0–20	0,44	5	1,4	1,2	1,6	1,2	0,17
	20–40	0,43	4	1,4	1,1	1,5	1,1	0,16
	40–60	0,44	5	1,3	1,3	1,5	1,3	0,17

Применение удобрений оказывает влияние не только на количественное содержание гумуса, но и на его качественный состав. Так, внесение $\text{N}_{190}\text{P}_{190}\text{K}_{190}$ привело к сужению $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$ до 1,91 и образованию фульватно-гуматного типа гумуса, за счет заметного увеличения в составе гумуса фульвокислот, что связано с подкисляющим действием высокой дозы минеральных удобрений. Применение $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45} + 25$ и 50 т/га навоза, наоборот, привело к достоверному расширению диапазона $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$ относительно контроля до 2,18–2,23 за счет увеличения в составе гумуса углерода группы гуминовых кислот. В этих вариантах гумус характеризуется гуматным типом. Следует отметить, что во всех вариантах с глубины 40–60 см состав гумуса изменяется в сторону фульватно-гуматного типа.

Информативным показателем гумусового состояния почв является наиболее чувствительная к биохимическому разложению и трансформации лабильная, быстро минерализуемая часть органического вещества почвы (ОВ). К такой части ОВ относятся активные компоненты в составе гумуса [5]. Установлено, что применение удобрений на черноземах выщелоченных способствует существенным изменениям в активном пуле органического вещества. Вниз по профилю почв содержание всех исследуемых активных компонентов в составе гумуса постепенно уменьшается. Действие систем удоб-

рения на лабильные формы гумуса определяется дозой и видами вносимых удобрений. Наиболее значимые изменения характерны для пахотных горизонтов почвы, к низу их интенсивность снижается. Минимальные запасы активных компонентов в составе гумуса характерны для удобренного варианта. Внесение удобрений оказывает положительное влияние на содержание лабильных форм органического вещества в почвах, кроме того количественное увеличение исследуемых форм гумуса в результате применения удобрений существенно выше по сравнению с валовым гумусом. По средней степени отзывчивости на внесение удобрений активные компоненты в составе гумуса можно выстроить в убывающий ряд: водорастворимое органическое вещество ($C_{\text{ВОВ}}$) – 220 %, легкоразлагаемое органическое вещество ($C_{\text{ЛОВ}}$) – 96 %, лабильные гумусовые кислоты ($C_{\text{ЛГК}}$) – 54 % и подвижное органическое вещество ($C_{\text{ПОВ}}$) – 38 %. В связи с этим наиболее индикаторными и информативными показателями, позволяющими оценить степень агрогенной трансформации органического вещества, являются $C_{\text{ВОВ}}$ и $C_{\text{ЛОВ}}$. Наибольший положительный эффект на эти показатели оказывает внесение $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза в пару, где запасы $C_{\text{ЛОВ}}$, $C_{\text{ЛГК}}$, $C_{\text{ПОВ}}$ и $C_{\text{ВОВ}}$ в пахотных горизонтах достоверно выше по сравнению с контрольным вариантом соответственно на 2,5, 2,3, 1,8 и 2,3 т/га.

Таким образом, основные показатели гумусового состояния почв изменяются под действием систем удобрения за счет трансформаций в групповом составе гумуса и в активном пуле органического вещества. Применение повышенных доз навоза оптимизирует основные показатели гумусового состояния почв, а использование высоких доз минеральных удобрений, напротив, приводит к ухудшению качества гумуса. В условиях лесостепи ЦЧР наиболее эффективно вносить под сахарную свеклу $N_{45}P_{45}K_{45} + 25-50$ т/га навоза в пару, что способствует сохранению и расширенному воспроизводству основных показателей плодородия черноземов выщелоченных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев, В. А. Влияние длительного применения удобрений в зернопаропропашном севообороте на показатели плодородия чернозема выщелоченного / В. А. Королев, А. И. Громовик // *Агрохимия*. – 2014. – № 12. – С. 10–15.
2. Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв / Под. ред. В. Г. Сычева, Л. К. Шевцовой. – М.: ВНИИА, 2010. – 24 с.
3. Воробьева, Л. А. Теория и практика химического анализа почв / Л. А. Воробьева. – М., 2006. – 399 с.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Семенов, В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.

УДК 631.81

НИТРИФИКАЦИЯ ПАХОТНОГО ЧЕРНОЗЕМА ПОД ПРОПАШНЫМИ И ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е. А. ДЁМИН, аспирант кафедры почвоведения и агрохимии,
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
г. Тюмень, Россия

Почвы лесостепной зоны Зауралья характеризуются слабой обеспеченностью нитратным азотом. Сельскохозяйственным производителям для получения запланированного урожая приходится использовать азотные удобрения. Зачастую запланированный урожай отличается от фактического из-за неточного использования минеральных удобрений и почвенного плодородия, что негативно сказывается на экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур.

Азот играет важную роль в питании сельскохозяйственных растений. Почвы типичные для лесостепной зоны Зауралья характеризуются плохой обеспеченностью нитратным азотом. Поскольку его накопление в почве во многом зависит от процессов минерализации и нитрификации азотистых соединений. Активность микрофлоры напрямую зависит от температуры и влажности почвы [2]. Почвы Тюменской области принято считать холодными из-за большой глубины промерзания и близкого залегания грунтовых вод, поэтому необходимо проводить мероприятия по стимулированию микрофлоры. Недостаток этого элемента приводит к уменьшению урожайности и к ухудшению качества получаемой продукции. Применение азотных удобрений без научного обоснования неминуемо ведет к удлинению периода развития растений, что затрудняет уборочную кампанию в связи с большим количеством осадков в начале осени [2–4].

Важным является и то, что при расчете планируемой урожайности многие сельскохозяйственные товаропроизводители сталкиваются с определенными проблемами. Урожай, полученный на полях, не всегда совпадает с расчетными данными. Использование минеральных удобрений без точного знания

плодородия почвы приводит к увеличению расходов, что негативно сказывается на экономике всего предприятия [5,6].

Цель наших исследований: установить накопление азота текущей нитрификации в пахотном чернозёме выщелоченном под культурами сплошного сева и пропашными культурами.

Исследования по определению азота текущей нитрификации под посевами яровой пшеницы проводились в 2005–2006 гг., кукурузы 2016–2017 гг. Нитратный азот определяли дисульфифеноловым методом, содержание общего азота в зерне и вегетативной массе определяли по Кьельдалю в модификации ЦИНАО. Урожайность яровой пшеницы считали методом сплошного комбайнирования в четырехкратной повторности. Урожайность зерна и вегетативная масса кукурузы учитывалась биологическим методом с 50 растений в трехкратной повторности, после чего растительные образцы высушивались, для дальнейшего проведения анализа. Почвенные образцы отбирались на глубину 0–40 см в четырехкратной повторности.

Почва – чернозем сильновыщелоченный, маломощный, тяжелосуглинистый с характерными признаками и свойствами для Северного Зауралья [7,8].

Средняя урожайность зерна яровой пшеницы за два года исследований составила 2,5 т/га, стоит отметить, что на этих полях удобрения не вносились, урожай формировался за счет плодородия пахотного чернозема (табл.1). Вегетативная масса при этом составила 3,6 т/га. Урожайность зерна кукурузы в среднем составляла 4,0 т/га, вегетативной массы 11,5 т/га.

Таблица 1. Содержание и вынос азота яровой пшеницей и кукурузой

Культура	Урожайность, т/га		Содержание азота, %		Вынос азота, кг/га
	зерно	вегетативная масса	зерно	вегетативная масса	
Яровая пшеница	2,5	3,6	1,78	0,36	58
Кукуруза	3,8	11,5	1,80	0,40	114

Содержание общего азота в зерне яровой пшеницы составляло в среднем по годам 1,78 %, тогда как в зерне кукурузы этот показатель был немного выше и достигал 1,80 %. Что же касается вегетативной массы этих культур, то содержание азота в среднем по годам исследований находилось на одном уровне 0,36 и 0,40 % общего азота от сухого вещества в яровой пшеницы и кукурузе. Учитывая сбор зерна и вегетативную массу культур, а также содержание в них общего азота позволяет рассчитать биогенный вынос, который для яровой пшеницы в среднем по годам составлял 58 кг/га. Стоит отметить, что кукуруза вынесла на 49 % азота больше чем пшеница. Это связано с тем, что под кукурузой нитрификационная способность почв выше, чем под пшеницей. К тому же большая вегетативная масса кукурузы и мощная корневая система позволяет лучше усваивать азот [9,10].

Благодаря знанию биогенного выноса азота и азотного режима почвы в течение развития культур можно рассчитать азот текущей нитрификации, который обеспечивает питание сельскохозяйственных культур без использования азотных удобрений. Во многом этот показатель зависит от влажности и температуры почвы, которые влияют на почвенную микрофлору. Расчет этого показателя мы проводили по формуле, предложенной Ю. И. Ермохиным [11].

$$N_t = N_2 + B_6 - N_1;$$

где N_t – азот текущей нитрификации, кг/га; N_2 и N_1 – содержание нитратного азота в почве до посева и перед уборкой, кг/кг; B_6 – вынос азота биомассой урожая, кг/га.

Таблица 2. Содержание нитратного азота в слое 0–40 см и азота текущей нитрификации

Культура	До посева		Перед уборкой		N_t , кг/га
	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	
Яровая пшеница	3,9	15,6	2,8	11,2	63
Кукуруза	7,5	30,0	5,8	23,1	121

Расчеты проводили для слоя 0–40 см, в котором, по мнению Н. В. Абрамова, А. Ф. Неклюдова располагается основная масса корней [12,13].

В среднем по годам содержание нитратного азота в слое 0–40 см под яровой пшеницей составляло 3,9 мг/кг почвы, что соответствовало 15,6 кг/га, под кукурузой 10,5 мг/кг. Перед уборкой этот показатель снижался до 2,8 мг/кг почвы под яровой пшеницей и до 5,8 мг/кг под кукурузой (табл. 2).

Как отмечает, Л. Н. Каретин генетической особенностью чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья является неустойчивый азотный режим, поэтому можно утверждать, что расчеты будут достоверны для сельскохозяйственных производителей ведущих деятельность на этих почвах [14].

В среднем азот текущей нитрификации под яровой пшеницей составил 63 кг/га. В посевах кукурузы этот показатель был выше на 50 % относительно яровой пшеницы и составил 121 кг/га.

Естественное плодородие чернозема выщелоченного обеспечивает получение 2,5 и 3,6 т/га зерна яровой пшеницы и кукурузы. Накопление азота текущей нитрификации под яровой пшеницей составляет 63 кг/га, под посевами кукурузы этот показатель возрастает до 121 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еремин, Д. И. Биологическая активность чернозема при внесении возрастающих доз минеральных удобрений / Д. И. Еремин О. Н. Демина Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2018. – № 1. – С. 25–33.
2. Дёмин, Е. А. Азотный режим кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Е. А. Дёмин, Д. И. Еремин // Вестник алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №12. – С. 10–16.
3. Еремин, Д. И. Научно-обоснованный подход к системе удобрений залог получения зерна кукурузы в лесостепной зоне Зауралья (аналитический обзор) / Д. И. Еремин, Е. А. Дёмин // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – №3(34). – С. 7–14.
4. Абрамов, Н. В. Агроэкономическое применение минеральных удобрений под яровую пшеницу в Северном Зауралье / Н. В. Абрамов, Д. В. Еремина, Д. И. Еремин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 5. – С. 11–17.
5. Абрамов, Н. В. Азот текущей нитрификации и хозяйственный вынос – как фактор программирования урожайности яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья / Н. В. Абрамов, Д. И. Еремин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 2. – С. 25–29.
6. Еремин, Д. И. Влияние севооборотов на динамику нитратов в черноземе выщелоченном лесостепной зоны Зауралья / Д. И. Еремин, А. Н. Моисеев // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №3. – С. 12–14.
7. Ерёмин, Д. И. Агрогенное изменение гранулометрического состава при распашке чернозема выщелоченного в лесостепной зоне Зауралья / Д. И. Ерёмин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – № 8. – 2014. С. 34–36.
8. Eremin, D. I. Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use / D. I. Eremin // Eurasian soil science. 2016. T.49. No 5. pp. 538-545 DOI: 10.1134/S1064229316050033.
9. Дёмин Е. А. Динамика нарастания биомассы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья / Е. А. Дёмин, Д. И. Еремин // Агропродовольственная политика России. 2017. №6(66). С.10-14.
10. Дёмин, Е. А. Органогенез кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Тюменской области / Е. А. Дёмин, Д. И. Еремин, В. С. Паклин // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2017. – №1. – С. 23–29.
11. Ермохин, Ю. И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур. – Омск, 1995. – 208 с.
12. Абрамов, Н. В. Совершенствование основных элементов систем земледелия в лесостепи Западной Сибири: дис.... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1992. – 313 с.
13. Неклюдов А. Ф. Севообороты – основа урожая. – Омск, 1990. – 127 с.
14. Каретин Л. Н. Черноземные и луговые почвы Зауралья и Тобол-Ишимского между- речья: дис... д-ра биол. наук. – Тюмень, 1977. – 462 с.

УДК 633.367

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СОИ ИНОКУЛЯНТАМИ НА ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Е. А. ДУБИНКИНА, ст. н. сотрудник,
Н. Н. БЕЛЯЕВ, зав. отделом семеноводства,
Тамбовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»,
г. Тамбов, Россия

Зернобобовые являются отличной альтернативой более дорогого животного белка, что делает их идеальными для улучшения рациона питания всех слоев населения. [1]. Из зернобобовых культур в Тамбовской области выращивали в основном только горох. В последние годы интерес к зернобобовым культурам возрос, площади посева увеличились почти в 4 раза, на полях, кроме гороха, все шире возделывают сою и люпин [2].

Преимущества зернобобовых перед культурами других семейств заключается в том, что они производят на единице площади больше высококачественного, усвояемого, дешевого белка, включая в биологический круговорот азот воздуха, недоступный для других растений. Фиксация азота воздуха происходит в процессе симбиоза бобовых с клубеньковыми бактериями рода *Rhizobium* за счет световой энергии, аккумулированной растениями. В зависимости от конкретного вида культуры и условий окружающей среды способность к биологическому связыванию азота у зернобобовых культур составляет от 50 до 200 кг на гектар в год.

Соя по содержанию белка (37–40 %) и его биологической ценности не знает себе равных среди известных полевых культур. У сои незаменимых аминокислот (лизин, метионин, триптофан) имеется в одной кормовой единице на 42 % больше, чем у гороха, в три раза больше, чем у овса, в четыре – чем у ячменя и в девять раз больше, чем у кукурузы [3]. Являясь древнейшей культурой, которая выращивалась в странах Азии, соя за последние 50 лет распространилась на больших площадях в Америке и Европе. Отмечается стабильное нарастание ее производства в мире. В последние 5 лет соя по мировым объемам производства зерна вышла на 4-е место после пшеницы, риса и кукурузы.

Тамбовская область занимает северо-восточную часть Центрально-Черноземного региона. Климат области умеренно-континентальный с устойчивой зимой и преобладанием теплой, нередко полусухливого характера погоды в летний период. Область относится к зоне неустойчивого увлажнения, о чем свидетельствует гидротермический коэффициент (ГТК) 0,9–1,1. Годовая сумма осадков составляет 475–500 мм, из них 70–75 % выпадает в теплый период года [4].

Почвы – типичные мощные черноземы глинистые и тяжелосуглинистые средне окультуренные. Содержание гумуса в пахотном слое (0–30 см) – 7,0–7,5 %, реакция почвенного раствора (рН_{сол.}) – 6,0–6,5. Тяжелосуглинистый механический состав обуславливает высокую влагоемкость и значительный запас влаги в ранневесенний период до 180–200 мм и более доступной влаги в метровом слое почвы.

В целом водно-физические свойства чернозема типичного мощного складываются вполне благоприятно, а высокая водопроницаемость создает хорошие условия для накопления влаги в почве и удовлетворения растений водой в течение вегетационного периода.

Полевой опыт был заложен на опытном участке отдела семеноводства Тамбовского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина» по общепринятой методике [5] на делянках с учетной площадью 10 м² в трехкратной повторности при соблюдении принятой в Тамбовской области технологии возделывания сои. Объекты исследования – семена сорта сои Светлая, инокулянт Нитрагин, микробиологические удобрения Азотовит и Фосфатовит.

В Центрально-Черноземной зоне относительно устойчивы среднесуточные температуры воздуха. Особенно их суммы в месяцы с положительной температурой воздуха. Но этого нельзя сказать о сумме выпадающих осадков в эти же месяцы [6].

Метеорологические условия в годы проведения основных полевых учетов и наблюдений были отличными от средних многолетних значений, как по температурному режиму, так и по выпадающим осадкам.

В 2017 году погодные условия для развития растений сои в целом складывались довольно благоприятно. Если в мае и июне температура воздуха была ниже среднемноголетних показателей, то в августе температурный режим превысил норму на 1,3 °С, а количество осадков было близко к среднемноголетним показателям.

В период вегетации 2018 года (апрель–август) температурный режим превышал среднемноголетние значения на 1,3 °С, а сумма осадков была ниже на 81,1 мм и составила 154,9 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) в июне составил 0,14, а в июле – 0,46. Такие погодные условия сказались на длине вегетационного периода, массе 1000 зерен и урожайности культуры.

В исследованиях проводилась обработка семян в баковой смеси с протравителем Скарлет (400 мл/т) микробиологическими удобрениями Азотовит (4–5 л/т) и Фосфатовит (4–5 л/т). Во время вегетации в баковой смеси с гербицидами применялась внекорневая подкормка растений сои в фазе 6–8 листьев. За контроль принят вариант – обработка семян сои протравителем Скарлет (400 мл/т).

Схема опыта

Варианты	Обработка по вегетации	Фаза вегетации
Скарлет (400 мл/т) –фон	–	–
Фон + нитрагин (1–2 л/т)	–	–
Фон + Азотовит (4–5 л/т)	Азотовит (0,5–1 л/т)	6–8 листьев
Фон + Азотовит (4–5 л/т) + нитрагин (1–2 л/т)	Азотовит (0,5–1 л/т)	6–8 листьев
Фон + Фосфатовит (4–5 л/т)	Фосфатовит (0,5–1 л/т)	6–8 листьев
Фон + Фосфатовит (4–5 л/т) + нитрагин (1–2 л/т)	Фосфатовит (0,5–1 л/т)	6–8 листьев
Фон + (Азотовит (4–5 л/т) + Фосфатовит (4–5 л/т))	(Азотовит (0,5–1 л/т) + Фосфатовит (0,5–1 л/т))	6–8 листьев
Фон + (Азотовит (4–5 л/т) + Фосфатовит (4–5 л/т)) + нитрагин (1–2 л/т)	(Азотовит (0,5–1 л/т) + Фосфатовит (0,5–1 л/т))	6–8 листьев

Из таблицы видно, что вариант Фон + инокуляция семян сои превосходит по урожайности контроль на 0,3 ц/га, а вариант Фон + (Азотовит + Фосфатовит) + инокулянт совместно с обработкой растений сои в фазе 6–8 листьев превосходит вариант без инокуляции на 1,2 ц/га. При этом по срав-

нению с контролем (9,5 ц/га) прибавка урожая на данном варианте составила 1,8 ц/га, т. е. действие микробиологических удобрений усиливается благодаря совместной обработке семян сои протравителем и инокулянтном.

Влияние обработки инокулянтами, микробиологическими удобрениями семян сои на урожайность и хозяйственно ценные признаки

Варианты	Обр-ка семян инокулянтами	Урожай, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Кол-во раст. на 1 м ²	Высота раст., см	Кол-во бобов на раст., шт	Число семян на раст., шт	Содержание сырого протеина в семенах, %	Содержание жира в семенах, %
фон	не обр.	9,5	101,2	120	68,4	17,9	39,1	17,9	23,5
фон	инокул.	9,8	104,2	129	71,0	18,8	39,4	27,5	25,0
фон + азотовит	не обр.	10,0	101,3	121	67,4	19,6	42,4	18,1	23,9
фон+ азотовит	инокул.	10,9	102,5	148	72,2	21,5	44,6	27,9	24,5
Фон + фосфатовит	не обр.	9,8	102,7	128	58,6	19,7	41,5	18,3	21,2
фон+ фосфатовит	инокул.	10,2	106,1	141	64,5	20,3	46,0	29,1	26,0
Фон+ азотовит + фосфатовит	не обр.	10,1	102,3	121	62,3	10,9	21,0	16,9	22,6
Фон+азотовит + фосфатовит	инокул.	11,3	107,0	141	66,1	18,4	38,0	29,2	23,0

Элементы структуры урожая, которые определяют уровень урожайности, всегда представляют особый интерес. Анализ снопового образца показал, что наибольшая густота стояния растений перед уборкой была на варианте фон + азотовит с инокуляцией семян перед посевом – 148 растений на 1 м². Высота растений была выше на всех вариантах с обработкой семян сои инокулянтном. Количество бобов и число семян на растении, масса 1000 семян определяют величину урожая. По количеству бобов на растении выделился вариант фон + азотовит с инокуляцией семян перед посевом (21,5 шт.). По числу семян на растении отмечены вариант фон + фосфатовит с инокуляцией семян (46,0 шт.). Масса 1000 зерен была выше на всех вариантах с обработкой семян сои нитрагином. Наиболее высоким данный показатель оказался на варианте фон + (азотовит + фосфатовит) с инокуляцией семян, он составил 107,0 г.

После просушивания семян изучаемых культур был проведен химический анализ на содержание сырого протеина и жира.

По содержанию жира в семенах сои выделился вариант фон + фосфатовит с инокуляцией семян (26,0 %). Содержание сырого протеина в зерне сои в более высоком количестве наблюдалось на вариантах с обработкой семян инокулянтном (27,5–29,2 %). Наибольшая разница по сравнению с контролем отмечена на варианте азотовит + фосфатовит совместно с инокуляцией, она составила 11,3 %.

Выявлено положительное влияние инокуляции семян сои нитрагином на урожайность, количественные признаки структурного анализа сноповых образцов и химический анализ зерна.

Установлено, что максимальная эффективность достигается при совместном применении препаратов Азотовит и Фосфатовит в баковой смеси с протравителем и в баковой смеси с пестицидами в фазе 6–8 листьев, действие которых усиливается при обработке семян инокулянтном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зотиков, В. И. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В. И. Зотиков, Т. С. Наумкина, Н. В. Грядунова, В. С. Сидоренко, В. В. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры, 2016. – № 1 (17). – С. 7.
2. Вислобокова, Л. Н., Скорочкин Ю. П. и др. Система земледелия нового поколения Тамбовской области. – Тамбов: Изд-во Першина Р. В., 2016. – С. 98.
3. Акулов, А. С. Изучение элементов технологии возделывания новых сортов сои Зуша и Мезенка / А. С. Акулов, А. Г. Васильчиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – №1 (17). – С. 45.
4. Иванова, О. М. Оценка влияния азотных удобрений на продуктивность сортов озимой пшеницы на типичном черноземе / О. М. Иванова // Агрохимический вестник. – №5 – 2012. – С. 44.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта. / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 351.
6. Коновалов, Н. Д. Динамика изменения погоды за 1891-2000 годы на территории Тамбовской области (ЦЧЗ) и урожайность полевых культур / Н. Д. Коновалов – Тамбов: Пролетарский светоч, 2000. – С. 97.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПРЯДИЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ

О. А. ЖАРКИХ, аспирант,
И. И. ДМИТРЕВСКАЯ, канд. с.-х. наук, доцент,
С. Л. БЕЛОПУХОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,
г. Москва, Россия

В последние годы во всем мире наблюдается тенденция увеличения посевных площадей под традиционные технические прядильные культуры, в том числе под лён-долгунец и техническую коноплю.

Мировые тенденции современной моды и дизайна свидетельствуют о том, что в ближайшие десятилетия спрос на ткани и текстильные изделия из натуральных волокон, таких как лён, конопля и крапива будет ежегодно увеличиваться. В Российской Федерации и Республике Беларусь хлопок – это импортное сырье, и с точки зрения импортозамещения, увеличение производства натуральных волокон из традиционно возделываемых прядильных культур является актуальной задачей для сельхозтоваропроизводителей.

На недавнем совещании по развитию льноводства и переработки льна, которое состоялось в ноябре текущего года, Президент Республики Беларусь Александр Лукашенко констатировал, что по итогам 2018 года Беларусь фактически оказалась на втором месте в мире по производству и переработке льна-долгунца. При этом Президент отметил, что объемы производства во Франции и Китае существенно снижаются из-за уменьшения посевных площадей. Между тем спрос на льняную продукцию во всем мире растет. Люди все больше склоняются к натуральному и полезному продукту, чем к искусственному и синтетическому.

При выращивании и переработке прядильных культур одной из проблем, особенно для технической конопли, является получение волокна недостаточно высоких номеров. При дальнейшей переработке такого волокна в пряжу, ткани и текстильные изделия возникают дополнительные технологические проблемы, связанные с плохими сорбционными свойствами волокна, низким качеством крашения, жесткой структурой волокна и изделий.

Одним из направлений решения данной проблемы является использование современных комплексных агрохимикатов, высокоэффективных биорегуляторов роста и развития растений, защитно-стимулирующих комплексов. Их положительное действие направлено на интенсификацию процесса биосинтеза целлюлозы в волокнах при уменьшении содержания гемицеллюлозы, лигнина и некоторых других компонентов.

Работы, которые проводятся в течение последних 25 лет на кафедре химии РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, как раз направлены на разработку природных и синтетических биорегуляторов роста и развития растений, проведении испытаний их на прядильных и масличных культурах на Полевой опытной станции университета.

Кроме того такие препараты изучаются в рамках Длительного стационарного опыта, который был заложен в 1912 году в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева профессором А. Г. Дояренко. В этом опыте лён-долгунец выращивается более 100 лет в бессменном режиме и севообороте на фоне применения различных доз минеральных, органических удобрений и известкования почв.

С 2012 г. кафедра химии проводит совместные исследования с научно-исследовательским институтами Пензы, Твери, Краснодарского края, сельскохозяйственными предприятиями Пензенской, Тверской областей, Мордовии, которые направлены на испытания новых биорегуляторов на конопле технической.

Конопля посевная (*Cannabis sativa* L.) – ценная техническая культура, являющаяся источником нескольких видов продукции: волокна, целлюлозы, семян и растительного масла. Получаемые из конопли волокно и ткани пользуются возрастающим спросом в современной мировой экономике. Конопляное масло обладает уникальными пищевыми и лечебными свойствами, широко используется в кондитерской и фармацевтической промышленности ряда развитых стран.

В настоящее время на территории РФ зарегистрировано 23 сорта конопли с низким содержанием тетрагидроканнабинола. Согласно Списку пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ на текущий год разрешен только 1 препарат – «Артафит» на конопле, который относится к регуляторам роста растений. При этом для выращивания льна-долгунца разрешено 10 препаратов.

Согласно государственному реестру средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь 2018г., к применению на льне разрешено 11 биорегуляторов.

Необходимо учесть, что удобрениям принадлежит решающая роль в образовании высокого урожая волокна и семян конопли. Под коноплю используются как органические, так и минеральные удобрения.

В то же время остается не до конца выясненным остается о влиянии микроэлементов на формирование урожая семян и волокна конопли, поэтому мы считаем, что это является перспективным направлением по созданию защитно-стимулирующих комплексов для предпосевной обработки семян технической конопли и начальных стадиях роста и развития растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белопухов, С. Л. Влияние биопрепарата Флоравит на рост, развитие и урожайность льна-долгунца / С. Л. Белопухов, И. И. Дмитриевская, И. С. Прохоров, А. И. Григораш // *Агрохимический вестник*. – 2014. – № 6. – С. 28–30.
2. Белопухов, С. Л. Способ повышения урожайности конопли / С. Л. Белопухов, И. И. Дмитриевская, Г. П. Толмачев, Н. В. Поляк, А. И. Григораш, А. И. Макланов, Е. А. Макланова, М. А. Смирнова, Н. А. Шкондина // патент на изобретение. № 2601030. – 2016.
3. Белопухов, С. Л. Исследование химического состава семян и волокна *Cannabis Sativa L.* / С. Л. Белопухов, И. И. Дмитриевская, В. Г. Лабко Ю. В. Кулемкин, Г. П. Толмачев // *Бутлеровские сообщения*. – 2012. – № 7. – С. 124–128.
4. Дмитриевская, И. И. Получение экологически безопасной льнопродукции при использовании препарата Флоравит / И. И. Дмитриевская, С. Л. Белопухов, Е. Ю. Федорова, А. И. Гришина, Е. Э. Нефедьева, И. Г. Шайхiev // *Вестник технологического университета*. – 2015. – С. 185–188.
5. Жарких, О. А. Перспективный новый биорегулятор Рафитур в технологии возделывания льна-долгунца и льна масличного / О. А. Жарких, И. И. Дмитриевская, С. Л. Белопухов, Е. М. Шкляр // *Природообустройство*. – 2018. – С. 87–93.
6. Жарких, О. А. Экологическая оценка применения биорегуляторов Циркон и Экофус на повышение урожайности и качества продукции льна-долгунца и льна масличного / *Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам IV научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. – 2018. – С. 498–500.
7. Ушаповский, И. В. Применение защитно-стимулирующего комплекса ГФК при возделывании / И. В. Ушаповский, И. И. Дмитриевская, С. Л. Белопухов, М. А. Мазиров // *Земледелие*. – 2016. – С. 29–31.
8. <https://www.rosflaxhemp.ru/publikacii.html/id/2660>

УДК 631.415.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Г. ЗАХАРОВ, канд. с.-х. наук, доцент,

И. Р. КАСИМОВ, аспирант,

А. А. ПЯТОВА, студентка 4 курса факультета агротехнологий, земельных ресурсов и пищевых производств,

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина,

г. Ульяновск, Россия

Черноземы лесостепной зоны, в отличие от дерново-подзолистых почв, традиционно относились к почвам, обладающим высоким естественным плодородием, что позволяло возделывать на них, без коренного улучшения, требовательные к почвенной кислотности сельскохозяйственные культуры. Однако в настоящее время почти повсеместно отмечается подкисление среды [1], причем не только в оподзоленных и выщелоченных, но и в типичных и даже обыкновенных черноземах. Так, в условиях лесостепи Среднего Поволжья и в Ульяновской области существенно увеличился процент черноземных почв с кислой реакцией среды.

Актуальность проблемы известкования почв в России связана с наибольшими по сравнению с другими странами площадями почв с избыточной кислотностью (более 35 млн. га). [1]. По состоянию на 01.01.2018 г., по данным ФГБУ «САС «Ульяновская» площади кислых почв Ульяновской области составили 690,8 тыс. га (48,8 %), в том числе: очень сильнокислые – 1,2 тыс. га., сильнокислые – 15,5 тыс. га, среднекислые – 214,0 тыс. га и слабокислые – 460,1 тыс. га от обследованной площади пашни. Следует отметить, что площади очень сильнокислых почв 1,2, сильнокислых – 15,5 тыс. га, мало-или непригодны для сельскохозяйственного использования.

Расчеты баланса кальция в земледелии, анализ практики известкования свидетельствуют о том, что для компенсации потерь кальция из почвы нужно ежегодно вносить 22–27 млн т известковых удобрений в физической массе [1].

Исследования по изучению эффективности известкования мелом Шиловского месторождения Ульяновской области проведены на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2016–2017 гг. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный среднесуглинистый со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса 4,1 %, подвижных форм фосфора и калия 165 и 175 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,46, гидролитическая кислотность 3,0–3,23 мг-экв/100 г.

Схема опыта включала следующие варианты: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2 – мел 2 т/га, 3 – мел 4 т/га, 4 – мел 6 т/га; 5 – N40P40K40; 6 – N40P40K40 + мел 2 т/га; 7 – N40P40K40 + мел 4 т/га; 8 вариант – N40P40K40 + мел 6 т/га

Внесение известкового материала проводилось осенью под основную обработку почвы, внесение минеральных удобрений (Азофоска) – весной под предпосевную культивацию.

Основной химический состав мела Шиловского месторождения представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав мела Шиловского месторождения

Наименование показателя	Фактическое значение, %
Массовая доля углекислого кальция и углекислого магния в пересчете на углекислый кальций ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$)	98,5
Массовая доля веществ, нерастворимых в соляной кислоте (HCl)	0,65
Массовая доля полуторных окислов железа и алюминия	0,30
Массовая доля свободной щелочи в пересчете на оксид кальция (CaO)	0,020
Массовая доля ионов SO_4 в водной вытяжке	0,02
Массовая доля углекислого кальция CaCO_3	94,17
Массовая доля углекислого магния MgCO_3	4,33

Дозы мела рассчитывались с учетом гидролитической кислотности по общепринятой методике.

Исследованиями, проведенными в 2016–2017 годах, установлена прямая зависимость влияния известкования почвы мелом Шиловского месторождения на урожайность зерна яровой пшеницы, при использовании его как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями. Увеличение выхода зерна при внесении в почву мела в дозах 2–6 т/га составляла 0,25–0,47 т/га (рисунок), при этом наиболее выигрышным вариантом, с точки зрения экономической эффективности являлось внесение 4 т/га – 0,46 т/га. Аналогичная закономерность наблюдалась и на фоне внесения комплексного минерального удобрения в дозе 40 кг д.в., увеличение урожайности – 0,55 т/га.

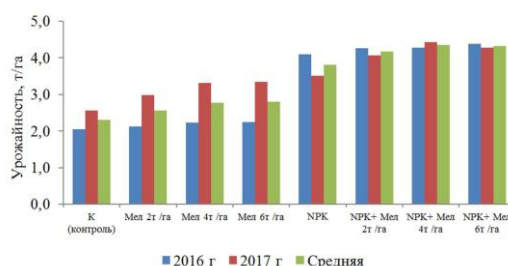


Рис. Влияние известкования почвы на урожайность зерна яровой пшеницы, т/га (2016–2017 гг.)

Таким образом, проведенные исследования показали, что черноземы, имеющие достаточно благоприятную среду почвенного раствора с $\text{pH}_{\text{KCl}} > 5,4$, при возделывании требовательных к ее кислотности культур также нуждаются в известковании с дозой, рассчитанной по гидролитической кислотности, способствующей в дальнейшем получению более высоких урожаев сельскохозяйственных культур, вследствие пролонгированного действия мела в течение 3–4 лет.

Кислотность почвы оказывает непосредственное влияние, как на растения, так и на все химические, физико-химические и биологические признаки процессов [2,3], тем самым определяет уровень урожайности и эффективность применения мелиорантов и минеральных удобрений, в зависимости от способа их заделки в почву [4].

Для использования в технологии возделывания сельскохозяйственных культур того или иного агроприема, направленного на улучшение условий их произрастания и повышение их продуктивности, необходимо определить их экономическую эффективность [6]. Тем более это важно при известковании почв, так как проведение его связано с большими затратами на транспортировку и внесение.

При экономической оценке технологии возделывания яровой пшеницы с известкованием почвы прямые затраты устанавливали по ценам, принятым для производственных условий опытного поля ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. Амортизация и затраты на текущий ремонт тракторов и сельскохозяйственных машин рассчитывали по принятым нормативам. Стоимость продукции определялась с ценой реализации, которая сложилась в 2017 году. Расчеты выполнены на основе технологических карт и представлены в табл. 2.

Необходимо отметить, что производственные затраты на транспортировку, внесение известкового материала, необходимо делить и на последующие культуры севооборота, так как пролонгированное

действие мелиоранта длится несколько лет, вследствие чего получено большое количество сельскохозяйственной продукции с более высоким качеством.

Таблица 2. Экономическая эффективность использования мела ООО меловой завод «Шиловский» в качестве известкового материала при возделывании яровой пшеницы (2017 г.)

№ п/п	Показатели	Варианты							
		Контроль	CaCO ₃ 2 т/га	CaCO ₃ 4 т/га	CaCO ₃ 6 т/га	NPK	NPK+ Ca- CO ₃ 2 т/га	NPK+ Ca- CO ₃ 4 т/га	NPK+ CaCO ₃ 6 т/га
1	Урожайность, т/га	2,56	2,98	3,32	3,34	3,51	4,07	4,43	4,28
2	Стоимость продукции с 1 га, руб.	20480	23840	26560	26720	28080	32560	35440	34240
3	Производственные затраты на 1 га, руб.	10642	12253	13732	15166	16251	17882	19364	20774
4	Себестоимость т, руб.	4157	4112	4136	4541	4630	4394	4371	4854
5	Условный чистый доход, руб./га	9838	11587	12828	11554	11829	14678	16076	13466
6	Уровень рентабельности, %	92,4	94,6	93,4	76,2	72,8	82,1	83,0	64,8

Как показывают данные, представленные в таблице, в связи с большими затратами на транспортировку и внесение мела в чистом виде, несмотря на существенную прибавку урожайности, экономически оправдывается и его показатели находятся на уровне контрольного варианта, за исключением дозы 6 т/га, где его рентабельность ниже на 16 %. При этом возделывание яровой пшеницы с применением минеральных удобрений на фоне известкования в два раза превышало по урожайности и увеличивало уровень рентабельности до 83 %.

Следует отметить, что при использовании мела в качестве известкового материала, в целях создания более оптимальных значений кислотности почвы происходило улучшение качества зерна – повышается количество клейковины без ухудшения ее качества. При этом классность зерна переходит из одной категории в другую, следовательно, и стоимость зерна, полученного с 1 га, становится выше. Например, увеличение стоимости зерна на 1000 рублей за 1 тонну, уровень рентабельности на варианте с использованием мела в дозе 4 т/га увеличится с 93 до 117 %, на фоне минеральных удобрений в дозе N₄₀P₄₀K₄₀ с 83 до 106 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аканова, Н. И. Вопросы оптимизации кислотности почв и баланс кальция / Н. И. Аканова, В. Н. Темников, Г. Е. Гришин, Н. А. Комарова, О. Д. Шафронов // Нива Поволжья. – 2011. – № 1(18). – С. 1–6.
2. Гомонова, Н. Ф. Результаты длительного применения различных видов и сочетаний удобрений на дерново-подзолистых почвах / Н. Ф. Гомонова, И. Н. Сквоцова, Г. М. Зенова // Почвоведение. – 2007. – № 4. – С. 498–504.
3. Минеев, В. Г. Влияние длительного применения удобрений и их последствие на физические свойства агродерново-подзолистой почвы. / В. Г. Минеев, Н. Ф. Гомонова, А. С. Манучаров, Г. М. Зенова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 2. – С. 3–9.
4. Якушев, В. П. Адаптивное управление кислотностью среды / В. П. Якушев, В. В. Карелин, В. М. Буре // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 2. – С. 33–35.
5. Клебанович, Н. В. Динамика показателей кислотности почв при известковании / Н. В. Клебанович // Вестник Барановичского государственного университета. – 2015. – № 3. – С. 99–105.
6. Степук, Л. Я. Техничко-экономические аспекты дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, Т. Ф. Персикова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 110–116.

РОЛЬ ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ В УЛУЧШЕНИИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ

Ю. Н. ЗЫКОВА, канд. биол. наук, доцент,
Л. В. ТРЕФИЛОВА, канд. биол. наук, доцент,
А. Л. КОВИНА, канд. биол. наук, доцент,
ФГБОУ ВО Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Киров, Россия

В сельском хозяйстве еще в конце 19 века начали использовать почвенные микроорганизмы, что было связано с применением азотфиксирующих клубеньковых бактерий (КБ) р. *Rhizobium* для обработки семян бобовых. В настоящее время одним из принципов органического земледелия является применение биорегуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур [1]. Микробные сообщества с различным сочетанием партнеров используются как для повышения урожая сельскохозяйственных культур, улучшения его качества [2, 3], индукции холодоустойчивости [4], так и для повышения плодородия почвы [5]. При создании биопрепаратов целесообразно использовать мультивидовые микробные ассоциации. В настоящее время для предпосевной бактериализации семян бобовых, кроме монокультуральной, практикуют также и инокуляцию семян бинарными и тройными консорциумами микроорганизмов. Партнерами ризобиев могут быть микробы, выделяющие много слизи, которая обеспечивает прилипание биопрепарата к семенам и в которой клубеньковые бактерии не только могут выживать в почве, но и размножаться перед внедрением в корень [6]. Многовидовые ассоциации почвенных бактерий способны к обезвреживанию фитопатогенов и способствуют восстановлению супрессивности почвы [7]. Многие виды почвенных цианобактерий (ЦБ), бацилл и актинобактерий обладают подобными свойствами [8]. Совместимость и жизнеспособность этих микроорганизмов в консорциумах дает возможность составлять бактериальные ассоциации комплексного действия с повышенной устойчивостью к флуктуациям окружающей среды.

Результаты проведенных наблюдений на различных видах бобовых культур показывают, что бактериализация семян активизирует рост и развитие растений. По сравнению с контролем, увеличивается длина корней и высота проростка, а также количество активных клубеньков в расчете на одно растение (табл. 1).

При анализе состояния растений лядвенца рогатого по морфометрическим параметрам и по количеству и активности клубеньков (рис.) в первый и второй год пользования выявлены преимущества бактериализации семян тройной ассоциацией, по сравнению с их обработкой только *Rh. loti*. Это отразилось в стимуляции роста как надземной части (до 8 %), так и корневой системы (до 15 %), а также в более активном развитии клубеньков на корнях (до 10 %).

Таблица 1. Влияние поликомпонентного бактериального композита для предпосевной инокуляции семян на рост и развитие растений

Вид растения	Состав инокулята	Прибавка по отношению к контролю*, %		
		длина корней	высота проростков	количество клубеньков, в среднем на одно растение
Ляденец рогатый <i>Lotus corniculatus</i> L.	<i>Rhizobium loti</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	10,12–15,23	6,09–8,02	7,11–10,01
Люцерна посевная <i>Medicago sativa</i> L.	<i>Rhizobium meliloti</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Streptomyces wedmorensis</i>	12,10–15,40	6,43–11,67	9,55–10,48
Люпин желтый <i>Lupinus luteus</i> L.	<i>Rhizobium lupini</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	10,07–15,88	6,21–8,90	9,01–10,78
Люпин узколистый <i>Lupinus angustifolius</i> L.	<i>Rhizobium lupini</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	13,20–14,23	8,72–16,90	7,18–14,01
Люпин белый <i>Lupinus albus</i> L.	<i>Rhizobium lupini</i> + <i>Fischerella muscicola</i> + <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	19,02–19,30	18,01–20,00	17,11–20,61
Вика посевная <i>Vicia sativa</i> L.	<i>Nostoc paludosum</i> + <i>Nostoc linckea</i> + <i>Microchaeta tenera</i> + <i>Rhizobium leguminosarum</i>	20,80–25,10	18,21–18,90	18,04–19,44
Горох посевной <i>Pisum sativum</i> L.	<i>Rhizobium leguminosarum</i> + <i>Fischerella muscicola</i>	13,42–16,83	16,09–17,00	17,33–19,22

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения.

* контроль – предпосевная обработка семян бактериями р. *Rhizobium*.



Рис. Активные клубеньки на корнях лядвенца рогатого.

Четырехкомпонентный инокулят на основе КБ, ЦБ, актинобактерий и бацилл, использованный, для обработки семян люцерны посевной, также стимулировал развитие растений, увеличивая прирост надземной массы и длину корней на 15 и 11% соответственно. Увеличение количества активных клубеньков было примерно таким же, как и у лядвенца. Ростстимулирующий и ризогенный эффект зависит от вида и штамма выбранных для инокуляции бактерий. Так, на разных видах люпина, ростактивирующее действие бактериальных ассоциаций проявились в разной степени. Наибольший эффект был отмечен у растений люпина белого, где рост надземной части, корней и количество клубеньков превысили эти же показатели у контрольных растений на 19,3; 20,00 и 20,61% соответственно. Четырехкомпонентная ассоциация трех видов ЦБ и КБ оказала явное стимулирующее действие, на растения вики посевной максимально увеличив, показали роста побегов, корней и уровень нодуляции до 25,10; 18,90; 19,44 % соответственно по сравнению с контролем. На растения гороха посевного 2-х компонентный композит на основе ЦБ и КБ также оказал стимулирующее действие.

Таким образом, на семи видах растений семейства бобовые наглядно показано, что многовидовые бактериальные ассоциации повышают эффективность действия предпосевной бактериализации семян ризобиями. Дальнейшая исследовательская работа может быть связана с выделением новых активных видов и штаммов ЦБ, бацилл и актинобактерий с более выраженными стимулирующими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саскевич П. А., Кажарский В. Р., Козлов С. Н. Применение регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур. – Горки, 2009. – 296 с.
2. Ковина, А. Л. Микробные агроконсорциумы на основе цианобактерий: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. –М., 2001. 23 с.
3. Трефилова, Л. В. Использование цианобактерий в агробиотехнологии: автореф. дисс....канд. биол. наук. – Саратов, 2009. – 25 с.
4. Зыкова Ю. Н., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Индукция холодоустойчивости растений *Lavatera trimestris* L. с помощью биопрепаратов // Актуальные направления развития аграрной науки в работах молодых учёных: сб. научн. ст. молод. уч., посвящ. 190-летию опытного дела в Сибири, 100-летию с.-х. науки в Омском Прииртышье и 85-летию образования Сибирского НИИ с.х. ФГБНУ «Омский АНЦ». – Омск: ЛИТЕРА, 2018. – С. 11–16.
5. Козылбаева Д. В., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Изотова В. А., Малинина А. И., Товстик Е. В., Грипась М. Н. Последствия предпосевной микробной инокуляции семян лядвенца рогатого на численность аборигенной микрофлоры почвы // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Книга 1. – Киров ВятГУ, 2018. – С. 226–230.
6. Je. M. Pankratova, R. J. Zyablykh, A. A. Kalinin, A. L. Kovina, L. V. Trefilova. Designing of microbial binary cultures based on blue-green algae (Cyanobacteria) *Nostoc paludosum* Kütz. // International Journal on Algae. 2004, 6 (3). P. 290–304.
7. Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Биомониторинговый и биотехнологический аспекты использования почвенных цианобактерий // Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов: матер. Всерос. симпозиума с международным участием МГУ. – М.: Макс Пресс, 2014. – С. 80.
8. Товстик Е. В., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Калинин А. А. Использование *Rhizobium meliloti*, *Fischerella muscicola* и *Streptomyces wedmorensis* как биостимуляторов растений // Почвы и их эффективное использование: Материалы Международной Научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки РФ, профессора В. В. Тюлина. Ч. 2. – Киров: Вятская ГСХА, 2018. – С. 209–217.

ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ЗА СЧЕТ ВНЕСЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ

И. П. ЕЛИСЕЕВ, ст. преподаватель,
Л. В. ЕЛИСЕЕВА, канд. с.-х. наук, доцент,
О. В. КАЮКОВА, канд. хим. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Чебоксары, Россия

В современных условиях рынка рациональное сберегающее земледелие должно обеспечивать систематическое увеличение объемов производства при неизменных, или даже сокращающихся трудовых и земельных ресурсах в результате повышения экономического плодородия почвы, роста урожайности сельскохозяйственных культур [6].

Особенностью производства продукции растениеводства является обмен веществами в системе «почва – растение». Поскольку ведущая роль в накоплении растительной массы возделываемых культур принадлежит азотным удобрениям, то актуальным является вопрос повышения их эффективности без превышения норм ПДК. Поэтому целью современного земледельца является получение стабильно-высокого урожая при оптимизации не только производственных ресурсов, но и питания растений.

Реализация данной цели должна осуществляться посредством адаптивной системы земледелия на основе современной механизации, создания устойчивого агроландшафта и воспроизводства почвенного плодородия. Однако практика показала, что в производстве она решается минимальной обработкой почвы и внесения высоких норм минеральных удобрений.

В связи с этим интерес вызывает опыт применения органических удобрений и цеолитов в системе удобрений, потому как при внесении азотных минеральных удобрений растение получит лишь около 40–50 % [4].

Исследованиями многих ученых доказано, что при внесении органического удобрения в почву азот из него высвобождается постепенно по мере его минерализации почвенными микроорганизмами. Поскольку азот органического удобрения не вымывается из почвы, не улетучивается – имеет более высокий коэффициент использования растением, то его можно считать элементом ресурсосбережения, биологизации агрофитоценоза [2].

В качестве органического удобрения можно использовать не только традиционные отходы сельскохозяйственного производства, такие, как навоз, солома и сидераты, отход биогазовых установок от переработки продукции растениеводства, но и с развитием животноводства нетрадиционные – отход мясоперерабатывающей отрасли – рого-копытную крошку РКК [1,3,5,9].

Органическое удобрение РКК получают путем механического измельчения рогов и копыт после отделения костной ткани. Оно содержит азота около 14 %, а из-за малого содержания фосфора и калия удобрение считается азотным [2,3,4].

Трепел – осадочная тонкопористая порода, запасы которого, находящиеся в Алатырском районе Чувашской Республики оцениваются десятками млн т. Химический состав трепела включает 14 % цеолитов; около 73,4 % оксида кремния; около 4,5 % полуторных окислов; не более 0,0001 % окиси фосфора и микроэлементов, до 500 мг/кг меди, и др. микроэлементов. Результаты исследований указывают, что трепел способен поглощать ионы элементов питания растений из почвенного раствора и связывать их в своей кристаллической решетке [2,4,6,8].

Исследования в 2012–2016 гг. проведены в звене с пропашными культурами, которые в Чувашской Республике занимают особое место в структуре посевных площадей, при соответствующей агротехнике могут являться высокопродуктивными и не оказывать отрицательного влияния на плодородие почвы [4]. Опыты были заложены в УНПЦ «Студенческий» Чебоксарского района Чувашской Республики на опытном поле. Варианты: 1) Контроль (без удобрений); 2) МУ $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3) РКК (N_{60}) + $P_{60}K_{60}$; 4. МУ $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Трепел (2т/га); 5. РКК (N_{60}) + $P_{60}K_{60}$ + Трепел (2т/га), где: МУ – минеральное удобрение; РКК – рого-копытная крошка; азотное МУ – аммиачная селитра, фосфорное – двойной суперфосфат, калийное – хлористый калий. Площадь делянки – 56 м², повторность 4-кратная, размещение делянок рендомизированное. Звено полевого севооборота – озимая пшеница – картофель, кормовая свекла (пропашные) – ячмень. Картофель – сорт Невский, сорт кормовой свеклы – Экендорфская жёлтая, ячмень сорта – Эльф. Светло-серая лесная почва характеризуется низким содержанием гумуса, нейтральной реакцией почвенной среды, повышенным содержанием фосфора, высоким содержанием обменного калия [2,3,4,6,7].

Цель исследования – выявление эффективности внесения РКК под пропашные культуры совместно с фосфорно-калийными минеральными удобрениями и цеолитсодержащим трепелом под пропашные культуры в зернопропашном звене севооборота для получения высоких, устойчивых урожаев возделываемых культур на светло-серой лесной почве в условиях Чувашской Республики.

В результате исследований выявлено, что внесение удобрений способствовало увеличению формирования площади листовой поверхности растений картофеля в среднем за годы исследований на 7–15 тыс. м²/га, растений кормовой свеклы на 3,3–5,1 тыс. м²/га. При внесении органической формы азотного удобрения – рого-копытной крошки наблюдалась более интенсивная окраска листьев растений пропашных культур по сравнению с минеральной формы азотного удобрения – аммиачной селитрой, а также фаза цветения наступала раньше на 1–2 дня.

При определении биологической активности почвы методом разложения льняного полотна выявлено на картофеле в вариантах с внесением РКК усиление степени его разложения на 7–11 %, на кормовой свекле на 8–13 % по сравнению с минеральной формой азотного удобрения совместно с фосфорно-калийными минеральными удобрениями на фоне трепела, так и без него.

Учет урожая выявил достоверную прибавку урожайности исследуемых культур в год внесения вариантов с внесением РКК на фоне трепела, а вариант внесения РКК без трепела не уступал по величине урожая минеральной форме азотного удобрения. Так, урожайность кормовой свеклы в среднем при внесении минеральной формы азотного удобрения по сравнению с контрольным вариантом составила 28,3 т/га, при внесении РКК (5,96 т/га) прибавка составила 27 % по сравнению с минеральной формой азотного удобрения, а на фоне внесения трепела и минеральных удобрений на 28,6 %; прибавка от внесения рого-копытной крошки под картофель составила 1,3%, а при внесении трепела 8,3 %.

При определении качественных показателей выявлено наибольшее содержание сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля, сухого вещества и сахара в корнеплодах кормовой свеклы в вариантах совместного внесения РКК с минеральными фосфорно-калийными удобрениями на фоне цеолитсодержащего трепела.

Последствие вносимых удобрений четко просматривалось в последствии на ячмене в среднем за годы исследования. Так, в частности наибольшая биологическая активность почвы на ячмене была выявлена в вариантах с РКК как после предшественника картофель, так и после – кормовая свекла.

В последствии ячменя наибольшая урожайность получена в варианте совместного внесения РКК с минеральными фосфорно-калийными удобрениями на фоне трепела 3,1–3,3 т/га.

В результате определения структуры урожая ячменя в последствии наблюдалось: увеличение длины стебля и колоса ячменя, а также возросло количество зерен и масса тысячи зерен в последствии внесения органической формы азотного удобрения в сравнении с его минеральной формой под картофель и кормовую свеклу. Наиболее высокая урожайность была получена в варианте совместного внесения РКК с фосфорно-калийными минеральными удобрениями и цеолитсодержащим трепелом.

Экономическая оценка внесения РКК выявила наибольшую продуктивность зернопропашного звена севооборота при внесении РКК с фосфорно-калийными минеральными удобрениями, рентабельность составила 4,2 % по сравнению с минеральной формой азотного удобрения. Уровень рентабельности возделывания ячменя в последствии на ячмене в варианте с внесением РКК превысил минеральную форму азотного удобрения на 13,4 %, а на фоне трепела – на 6,4 %.

При оценке продуктивности наибольший сбор кормовых единиц и переваримого протеина получен также в варианте совместного внесения РКК с фосфорно-калийными минеральными удобрениями на фоне трепела [3].

Биоэнергетическая оценка внесения удобрений и трепела под пропашные культуры в последствии на ячмене выявила наибольший коэффициент энергетической эффективности $K_{э}$ в варианте с внесением РКК 1,8. Вариант с внесением органической формы азотного удобрения на фоне трепела имел $K_{э}$ 2,1, а минеральная форма азотного удобрения в последствии имела коэффициент энергетической эффективности на 0,2 единицы меньше.

В результате исследований можно заключить, что внесение под пропашные культуры РКК в качестве органического удобрения является альтернативой азотного удобрения в минеральной форме, эффективным способом утилизации отхода мясоперерабатывающей отрасли, что является элементом биологизации земледелия. Внесенные удобрения под пропашные культуры оказывают влияние на урожайность не только пропашных культур, но и последующей культуры – ячменя, а внесение трепела позволяет оптимизировать питание растений при формировании урожая, а также способствует получению качественной продукции, особенно с варианта с РКК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеева, Н. Н. Предшественник горчица белая в качестве органического удобрения на яровой пшенице / Н. Н. Гордеева, П. А. Кондратьев, И. П. Елисеев // Студенческая наука – первый шаг в академическую науку. Мат. Всерос. студ. науч.-практ. конф., с участием школьников 10–11 кл. – 2017. – С. 89–92.
2. Елисеев, И. П. Влияние рога-копытного шрота и трепела на качество пропашных культур / И. П. Елисеев, Л. В. Елисеева, Л. Г. Шашкаров // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2 (5). С. 9–14.
3. Елисеев, И. П. Действие и последствие внесения удобрений и цеолитсодержащего трепела в зернопропашном звене на светло-серой лесной почве в условиях Чувашии / И. П. Елисеев, Л. Г. Шашкаров, В. Л. Димитриев // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2018. Т.4. – № 3(15). С. 16–22.
4. Елисеев, И. П. Использование РКШ и цеолитсодержащего трепела в зернопропашном звене севооборота на серой лесной почве в условиях Чувашской Республики / И. П. Елисеев, Л. Г. Шашкаров, А. Г. Ложкин // В сб.: Биологизация земледелия – основа воспроизводства плодородия почвы. Сб. мат. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию со дня рождения док. с.-х. наук, проф., академика РАН Леониды Геннадьевича Шашкарова. ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА. – 2018. – С. 61–66.
5. Елисеев, И. П. К вопросу о совместном использовании трепела и кератина под пропашные культуры в светло-серых лесных почвах Чувашии / И. П. Елисеев, А. И. Кузнецов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2008. Т.3. – № 2 (8). – С. 129–131.
6. Елисеев, И. П. Нетрадиционные органические удобрения, их использование на серых лесных почвах Чувашии как элемент ресурсосбережения в земледелии / И. П. Елисеев, Л. В. Елисеева, Л. Г. Шашкаров // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2018. – №1(50). – С. 23–29.
7. Елисеев, И. П. Экономическая и энергетическая эффективность совместного использования кератина и трепела под картофель / И. П. Елисеев, Л. В. Елисеева, А. В. Калгина // В сб.: Совершенствование экономического механизма эффективного управления в хозяйствующих субъектах сельскохозяйственной направленности на региональном уровне Мат. Межд. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 24–26.
8. Куликова, А. Х. Влияние высококремнистых пород как удобрений сельскохозяйственных культур на урожайность и качество продукции // А. Х. Куликова Агрохимия. – 2010. – № 7. – С.18–25.
9. Фадеева, Н. А. Эффективность применения продуктов переработки биогазовой установки в тепличном хозяйстве / Н. А.Фадеева, О. А. Васильев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2017. – т. 12. – № 4 (46). – С. 42–44.

УДК 631.8:633.15:631.445.4:631.559

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В УСЛОВИЯХ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О. М. ИВАНОВА, канд. с.-х. наук,

Тамбовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»,
г. Тамбов, Россия

Одной из ключевых проблем агрохимии является определение потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях. Особую актуальность эта проблема приобрела в настоящее время в связи с изменившимися экономическими условиями. При резком повышении цен на минеральные удобрения становятся еще более актуальными вопросы их рационального использования [1].

Кукуруза требовательна к плодородию почвы и лучше всего удается на черноземных, серых лесных и хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах. При внесении достаточного количества органических, минеральных и других удобрений возможно получение высокого урожая зерна и зеленой массы этой культуры на малоплодородных супесчаных и песчаных почвах [2].

Кукуруза – одна из наиболее распространенных в мировом земледелии культур. Среди возделываемых растений она находится на первом месте по валовому сбору зерна и занимает второе место по посевным площадям, уступая лишь основной зерновой культуре земного шара – пшенице [3].

Анализ результатов отечественных и зарубежных исследований не позволяет сделать однозначных выводов относительно продуктивности кукурузы в зависимости от ее удобренности [4].

В связи с этим с 2014 года нами был заложен полевой длительный стационарный опыт с дифференцированным использованием минеральных удобрений на основе оптимизации азотного питания с применением жидких минеральных удобрений Мегамикс в 6-польном зернопаропропашном севообороте в условиях Тамбовской области.

Почвенный покров на опытном участке представлен типичным чернозёмом. С содержанием гумуса в пахотном слое 6,8–7,0 %, подвижного фосфора 12,5–14,5 мг на 100г почвы, обменного калия 16,0–17,3 мг на 100г почвы (по Чирикову). Кислотность почвы составляет 5,5–5,8.

Севооборот: чистый пар, пшеница озимая, кукуруза (на зерно), ячмень, подсолнечник, пшеница яровая. Площадь посевной делянки 207,2 м² (5,6 х 37), учетной 140 м² (4 х 35). Повторность опыта

трехкратная. В 2014 году в опыте высевался гибрид Краснодарский 194 МВ, в 2015–16 гибрид Фолькон, в 2017 году – Р-8521, в 2018 – LG 30179.

В опыте вносили азофоску ($N_{16}P_{16}K_{16}$), аммиачную селитру (N_{34}), мочевины (N_{46}), жидкое минеральное удобрение Мегамикс (2 л/т; 1л/га). Учет урожая – сплошной поделочно-ленточный. Согласно схеме опыта, в вариантах обрабатывались растения по вегетации в дозе 1 л/га. В удобрении Мегамикс при некорневой подкормке в дозе 1л/га содержалось г/л: В-1,7; Cu-7,0; Zn-14; Mn-3,5; Fe-3,0; Mo-4,6; Co-1,0; Cr-0,3; Se-0,1; Ni-0,1; N-6; S-29; Mg-15.

Схема опыта

1. Без удобрений
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон
3. Фон + N_{30} (предпос. культивация)
4. Фон + N_{60} (предпос. культивация)
5. Фон + N_{30} (предпос. культивация) + N_{30} (2–3 лист)
6. Фон + N_{60} (предпос. культивация) + N_{30} (2–3 лист)
7. Фон + N_{30} (предпос. культивация) + N_{30} (2–3 лист) + N_{30} (5–7 лист)
8. Фон + N_{60} (предпос. культивация) + N_{30} (2–3 лист) + N_{30} (5–7 лист)
9. Фон + N_{30} (предпос. культивация) + Мегамикс (3–5 лист)
10. Фон + N_{60} (предпос. культивация) + Мегамикс (3–5 лист)
11. Фон + Мегамикс (3–5 лист)

Почвы в области в основном представлены типичными и выщелоченными черноземами. Тяжелосуглинистый механический состав обуславливает высокую влагоёмкость и значительный запас влаги в ранневесенний период до 180–200 мм и более доступной влаги в метровом слое почвы.

Тамбовская область занимает северо-восточную часть Центрально-Черноземного региона. Климат умеренно-континентальный. Область относится к зоне недостаточного увлажнения, о чём свидетельствует гидротермический коэффициент, средняя величина которого составляет 0,91–1,10. Изменчивость гидротермического коэффициента очень велика от 0,5 в сухие годы до 2,0 во влажные. В среднем за год в области выпадает 500–550 мм осадков, из них 55–60 % в период вегетации. Практически ежегодно бывают засухи различной интенсивности. Относительная влажность воздуха составляет 77,7 % [5].

Общеизвестно, что погодные условия оказывают существенное влияние на все фазы развития сельскохозяйственных культур. В зависимости от погодных условий могут по-разному реализовываться потенциальные возможности сортов и гибридов.

В результате проведенных исследований были выявлены закономерности изменения урожайности кукурузы в зависимости от применяемых видов, доз и сроков внесения минеральных удобрений (табл.).

Самым неурожайным оказался 2016 год. Урожайность на контроле составила всего 5,54 т/га. При внесении удобрений на остальных вариантах опыта прибавки были достоверными и составили 1,01–2,56 т/га. Максимальная урожайность была на варианте с внесением Фон + N_{60} (предпосевная культивация) + Мегамикс (3–5 лист) и составила 8,10 т/га.

Максимальная урожайность зерна кукурузы в среднем за годы проведения исследований была получена на варианте с осенним внесением азофоски в дозе (NPK)₆₀ в сочетании с внесением аммиачной селитры N_{60} (предпосевная культивация) + N_{30} (2–3 лист) – 11,57 т/га. Прибавка к контролю составила 4,65 т/га.

Влияние удобрений на урожайность кукурузы (на зерно), т/га

Варианты опыта	Урожайность						Прибавка					
	Годы											
	2014	2015	2016	2017	2018	среднее	2014	2015	2016	2017	2018	среднее
1	5,71	9,52	5,54	4,34	9,47	6,92	–	–	–	–	–	–
2	7,02	14,09	6,72	4,94	10,48	8,65	1,31	4,57	1,18	0,60	1,01	1,73
3	7,14	13,25	7,02	7,62	11,61	9,33	1,43	3,73	1,48	3,28	2,14	2,41
4	7,86	14,05	7,26	10,95	13,57	10,74	2,15	4,53	1,72	6,61	4,10	3,82
5	8,69	13,73	7,32	6,55	14,64	10,19	2,98	4,21	1,78	2,21	5,17	3,27
6	8,93	15,48	7,74	11,25	14,46	11,57	3,22	5,96	2,20	6,91	4,99	4,65
7	7,62	12,98	7,68	10,53	15,36	10,83	1,91	3,46	2,14	6,19	5,89	3,91
8	7,74	16,76	7,38	9,58	15,83	11,46	2,03	7,24	1,84	5,24	6,36	4,54
9	7,26	12,30	7,68	7,80	12,14	9,44	1,55	2,78	2,14	3,46	2,67	2,52
10	7,38	20,34	8,10	8,57	11,25	11,13	1,67	10,82	2,56	4,23	1,78	4,21
11	7,14	15,21	6,55	7,44	10,06	9,28	1,43	5,69	1,01	3,10	0,59	2,36
НСР ₀₅ , т/га							0,45	0,48	0,76	0,70	0,74	0,63

Совместное применение азофоски в дозе $(\text{NPK})_{60} + \text{N}_{60}$ (предпосевная культивация) + Мегамикс (3–5 лист) также показывало хорошую прибавку относительно контроля – 4,21 т/га в среднем за годы исследований.

Все остальные варианты опыта также достоверно превосходили контроль.

В результате проведенных исследований были выявлены закономерности изменения урожайности кукурузы на зерно в условиях зернопаропропашного севооборота в зависимости от применяемых видов, доз и сроков внесения минеральных удобрений.

Наряду с традиционными минеральными удобрениями эффективно применение жидких минеральных удобрений Мегамикс. Это хелатная форма с повышенной концентрацией сбалансированного набора макро- и микроэлементов. Оно повышает эффективность использования основных макроудобрений, способствует повышению урожайности.

Сравнительная оценка методов определения доз удобрений, проведенная Тамбовским НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина», дает основание рекомендовать их расчеты по результатам полевых опытов, но с учетом содержания питательных веществ в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычев, В. Г., Шафран С. А., Духанина Т. М. Диагностика минерального питания полевых культур и определение потребности в удобрениях. – М.: ВНИИА, 2017. – 220 с.
2. Бельченко, С.А. Влияние систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы кукурузы / С. А. Бельченко, Н. М. Белоус, М. Г. Драганская // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 5. – С. 59–61.
3. Солнцев П. И., Шаповалов Н. К., Хорошилова Ю. В., Каторгин Д. И., Горохова Ж. Ю., Емец М. В. Влияние комплексного применения удобрений и средств защиты растений на урожайность зерновой кукурузы // Инновационные технологии возделывания белого люпина и других зерновых культур. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием Белгородского НИИСХ. – Белгород, 2017. – С. 48–51.
4. Стулин, А. Ф. Продуктивность кукурузы, выращиваемой в севообороте и монокультуре в условиях длительного применения удобрений // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №3 (51). – С. 63–67.
5. Агроклиматические ресурсы Тамбовской области / Гидрометеиздат, 1974. – 102 с.

УДК 631.811.98:635.21

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ СОРТА МАНИФЕСТ

Е. Л. ИОНАС, канд. с.-х. наук, ст. преподаватель,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Существенно повысить урожайность и снизить затраты на удобрения можно за счет оптимизации минерального питания, совместного их применения с микроэлементами и регуляторами роста [1].

В последнее время разработаны новые высокоэффективные формы микроудобрений, а также комплексные удобрения, предназначенные для конкретных сельскохозяйственных культур [2].

Полевые опыты проводили в 2014–2016 гг. на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской государственной с.-х. академии» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины около 1 м моренным суглинком.

Сорт Манifest – среднеранний, внесен в Госреестр Республики Беларусь в 2014 году. Предшественником картофеля были зерновые культуры. Общая площадь делянки – 25,2 м², учетной – 16,8 м², повторность в опыте четырёхкратная. Густота посадки – 47,6 тыс. клубней на 1 га. Способ посадки гребневой.

Содержание крахмала в клубнях определяли по удельному весу клубней; растворимых углеводов методом Бертрана (ГОСТ 26176–91); нитратов – ионометрически (ГОСТ 134,96,19–86).

Площадь листьев картофеля определяли по методике Н. Ф. Коняева. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза определялись по общепринятым методикам [3]. Чистую продуктивность фотосинтеза определяли по надземной биомассе растений картофеля, без учета клубней.

В наших исследованиях на рабочую поверхность листьев оказывали влияние новые формы комплексных удобрений и регуляторы роста.

Наибольших размеров площадь листьев у сорта Манифест, в среднем за (2014–2016 гг.) исследований достигала в фазу цветения. В контрольном варианте (без удобрений) наибольшая площадь листьев составила 23,0 тыс. м²/га.

При внесении хлорсодержащего и бесхлорного АФК удобрения площадь листовой поверхности составила 46,2 и 47,0 тыс. м²/га, увеличивая данный показатель по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий (N₉₀P₆₈K₁₃₅) в форме стандартных удобрений, на 7,4 и 8,2 тыс. м²/га соответственно. Некорневая подкормка регулятором роста Экосил на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ обеспечила повышение площади листьев к фону на 10,8 тыс.м²/га (с 42,5 до 53,3 тыс.м²/га).

При применении Нутриванта плюс и МикроСтива В, Си на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ площадь листьев в фазу цветения составила 51,9 и 50,5 тыс. м²/га, превышая фон на 9,4 и 8,0 тыс. м²/га соответственно.

Использование повышенных доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ с некорневой подкормкой Нутривантом плюс не способствовало большему нарастанию площади листьев по сравнению с использованием Нутриванта плюс на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀.

В среднем за два года исследований применение Нанопланта на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ увеличивало площадь листовой поверхности по отношению к фону, на 11,2 тыс. м²/га.

Установлена в среднем за (2014–2016 гг.) исследований тесная взаимосвязь (r = 0,95) урожайности (y) клубней картофеля сорта Манифест от площади листовой поверхности (x) в фазу цветения, которая описывается следующим уравнением регрессии вида:

$$y = 6,0586 + 0,7919 \times x.$$

Фотосинтетический потенциал в начале вегетации растений картофеля был наименьшим, но по мере роста площади листьев он увеличивался и достигал максимальных значений ко второй половине вегетации. При внесении удобрений фотосинтетический потенциал увеличивался в 1,7–2,3 раза.

Максимальный фотосинтетический потенциал листовой поверхности в период цветение–увядание ботвы зафиксирован в варианте с применением Нутриванта плюс на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ (0,953 млн м²сутки/га), превышая фон на 0,195 млн м²сутки/га, что в итоге положительно сказалось и на продуктивности картофеля сорта Манифест.

Высокий фотосинтетический потенциал наблюдался также в варианте с использованием регулятора роста Экосил (0,901 млн м²сутки/га), превышая фон на 0,143 млн м²сутки/га соответственно.

Несколько ниже он был в вариантах с применением микроудобрения МикроСтим В, Си на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀, с Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀, а также с внесением до посадки ОМУ бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения и 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅.

В определении роли фотосинтеза в формировании урожая картофеля наиболее важным показателем является чистая продуктивность фотосинтеза. Результаты наших исследований показали, что интенсивное развитие ассимиляционной поверхности листьев в начале вегетации растений картофеля, способствовало суточному увеличению чистой продуктивности фотосинтеза.

Во второй половине вегетации в период цветение–увядание ботвы по мере старения листьев чистая продуктивность фотосинтеза могла принимать отрицательное значение. В варианте с применением комплексного удобрения Нутриванта плюс на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ чистая продуктивность фотосинтеза не принимала отрицательного значения, так как растения продолжали находиться более длительное время в жизнедеятельном состоянии, что и позволило получить урожайность картофеля сорта Манифест (50,0 т/га).

Максимальная продуктивность картофеля (50,0 т/га) в среднем за три года исследований была получена у сорта Манифест от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀. От применения МикроСтива В, Си на том же фоне прибавка составила 3,5 т/га (с 40,9 до 44,4). Использование регулятора роста Экосил увеличивало урожайность картофеля на 4,3 т/га (с 40,9 до 45,2). Внесение до посадки бесхлорного АФК удобрения и хлорсодержащего по действию на урожайность клубней было равнозначным и повышало урожайность по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий (N₉₀P₆₈K₁₃₅) в форме стандартных удобрений, на 10,3 (с 35,3 до 45,6) и на 8,9 т/га (с 35,3 до 44,2) соответственно (таблица).

При использовании в среднем за два года микроудобрения МикроСтим В, Си с внесением до посадки картофеля 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅ повышала урожайность клубней картофеля к фону на 5,4 т/га (с 40,7 до 46,1). Обработка посадок картофеля Наноплантом на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ способствовала возрастанию урожайности клубней на 3,4 т/га (с 39,2 до 42,6).

В среднем за 2014–2016 гг. исследований у сорта Манифест максимальное количество крахмала в клубнях картофеля было получено при внесении комплексного ОМУ бесхлорного (17,3 %), что было

выше фона, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений.

Применение Нутриванта плюс по сравнению с фоном $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышало содержание крахмала в клубнях картофеля на 0,4 %.

Использование хлорсодержащего АФК удобрения по сравнению с ОМУ бесхлорным снижало (на 0,6 %) содержание крахмала в клубнях.

При применении Экосила и МикроСтива В, Си на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ снижалось содержание растворимых углеводов к фону на 0,11 %.

Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество картофеля сорта Манифест (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Крахмал, %	Растворимые углеводы, %	Нитраты, мг/кг		
				2014 г.	2015 г.	2016 г.
1. Без удобрений	25,6 23,5*	16,6 17,3*	0,52 0,70*	55,0	42,8	105,6
2. $N_{90}P_{68}$	32,4 31,2*	16,4 16,7*	0,39 0,55*	207,0	90,7	86,4
3. $N_{90}P_{68}K_{135}$ – Фон 1	35,3 34,0*	16,6 16,9*	0,52 0,73*	70,9	75,6	95,9
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее)	44,2 45,4*	16,7 17,4*	0,51 0,65*	77,6	52,8	49,9
5. ОМУ – бесхлорное + $N_{39}K_{58}$ (по НРК экв. вар. 3)	45,6 47,4*	17,3 18,0*	0,49 0,70*	134,5	93,0	71,7
6. $N_{120}P_{70}K_{130}$ – Фон 2	40,9 39,2*	16,6 17,2*	0,45 0,65*	153,5	169,0	86,6
7. Фон 2 + МикроСтим В, Си	44,4 43,6*	16,7 17,0*	0,34 0,46*	157,0	96,5	148,7
8. Фон 2 + Нутривант плюс	50,0 49,7*	17,0 17,4*	0,50 0,72*	216,5	98,6	85,0
9. Фон 2 + Экосил	45,2 44,1*	16,2 16,5*	0,34 0,48*	200,0	107,2	148,5
10. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс	45,9 44,7*	16,5 17,1*	0,39 0,53*	186,0	171,5	168,0
11. Фон 1 + Навоз 40 т/га	43,6 40,7*	16,2 16,8*	0,32 0,46*	142,0	218,3	55,3
12. Фон 1 + Навоз 40 т/га + МикроСтим В, Си	46,1*	17,1*	0,42*	–	92,7	95,7
13. Фон 2 + Наноплант	42,6*	16,9*	0,51*	–	17,4	161,0
НСР ₀₅	1,4 1,9*	0,3 0,3*	0,05 0,09*	15,7	27,2	17,7

* – среднее за 2015–2016 гг.

В наших исследованиях содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Манифест по вариантам опыта не превышало ПДК – 250 мг/кг сырой продукции. В целом по трем годам исследований при применении новых форм удобрений и регуляторов роста содержание нитратов в клубнях находилось в допустимых пределах. В 2014 году (77,6–216,5 мг/кг), в 2015 году (52,8–171,5 мг/кг) и в 2016 году (49,9–168 мг/кг) сырой продукции соответственно.

Применение некорневой подкормки комплексным удобрением Нутриванта плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ с нормой расхода 2,5 кг/га при двукратной обработке в среднем за три года исследований на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси способствовало созданию оптимальных условий для повышения площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза. В этом варианте в фазу цветения площадь листьев составляла (51,9 тыс. м²/га), превышая фон на 9,4 тыс. м²/га. В период цветения–увядание ботвы фотосинтетический потенциал увеличивался к фону, на 0,196 млн м²* сутки /га, а чистая продуктивность фотосинтеза в этот период не принимала отрицательного значения, что и позволило получить максимальную урожайность картофеля среднераннего сорта Манифест (50,0 т/га) с хорошим качеством клубней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность комплексного применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании зерновых культур и картофеля / И. Р. Вильдфлуш [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2003. – № 1. – С. 7–11.
2. Мишура, О. И. Минеральные удобрения и их применение при современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / О. И. Мишура, И. Р. Вильдфлуш, В. В. Лапа. – Горки, 2011. – 176 с.
3. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур : справочник / В. В. Церлинг. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 235 с.

СОРТОВАЯ ОТЗЫВЧИВОСТЬ КАРТОФЕЛЯ СОРТА ВЕКТАР НА ВНЕСЕНИЕ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

Е. Л. ИОНАС, канд. с.-х. наук, ст. преподаватель,
А. Э. КИРИКОВИЧ, студентка,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Картофель – культура, которая хорошо реагирует на удобрения и способна давать высокие урожаи на различных по гранулометрическому составу почвах при условии достаточного внесения удобрений. Наиболее эффективным путем повышения продуктивности картофеля является внедрение в практику сельскохозяйственного производства новых высокоурожайных сортов, хорошо отзывавшихся на применение удобрений [1].

Исследования проводили в 2014–2016 гг. в полевых опытах на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской государственной сельскохозяйственной академии».

В качестве объекта исследований выступал среднепоздний сорт картофеля Вектар белорусской селекции, который внесен в Госреестр Республики Беларусь по всем областям в 2013 году.

Почва опытного участка по годам исследований имела низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), кислую и слабокислую реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,1–5,8), высокое содержание подвижных форм фосфора (262–318 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (173,3–214,5 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,54–2,13 мг/кг), среднее содержание подвижного цинка (3,06–4,52 мг/кг), среднее и высокое содержание подвижного бора (0,54–0,77 мг/кг). Почва по степени агрохимической окультуренности относится к среднеокультуренной ($I_{\text{ок}} - 0,73$).

Общая площадь делянки – 25,2 м², учетной – 16,8 м², повторность в опыте четырёхкратная. Густота посадки – 47,6 тыс. клубней на 1 га. Агротехника возделывания картофеля общепринятая для условий Могилевской области.

Оценку дегустационных показателей клубней картофеля (вкус, разваримость) и технологических (потемнение мякоти в сыром и вареном виде) выполняли согласно методическим рекомендациям РУП НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству «Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля» [2].

В исследованиях с картофелем сорта Вектар в среднем за 2014–2016 гг. применение азотных и фосфорных удобрений ($\text{N}_{90}\text{P}_{68}$) повышало урожайность клубней картофеля по сравнению с неудобренным контролем на 5,5 т/га. Внесение калийных удобрений (K_{135}) в форме хлористого калия на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{68}$ способствовало возрастанию урожайности клубней также на 5,5 т/га (таблица).

Внесение до посадки ОМУ бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения по действию на урожайность клубней было равнозначным и повышало её по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($\text{N}_{90}\text{P}_{68}\text{K}_{135}$) в форме стандартных удобрений, на 7,1 и 6,3 т/га. Окупаемость 1 кг НРК кг клубней при внесении ОМУ бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения составила 62 и 59 кг, что по сравнению с применением стандартных удобрений выше на 24 и 21 кг, соответственно.

При использовании удобрений Нутривант плюс, МикроСтим В, Си на фоне $\text{N}_{120}\text{P}_{70}\text{K}_{130}$ прибавка урожайности картофеля к фону составила 4,3 и 4,0 т/га при окупаемости 1 кг НРК кг клубней 57 и 56 кг, соответственно.

Максимальная продуктивность картофеля (41,8 т/га) в среднем за три года исследований была получена от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений $\text{N}_{130}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$. В этом варианте окупаемость 1 кг НРК урожаем клубней составила 55 кг.

В наших исследованиях мы также проводили дегустационную оценку клубней картофеля по вкусовым качествам, разваримости клубней, ферментативному и неферментативному потемнению мякоти.

П. С. Теслюк, М. Я. Молоцкий и другие считают, что вкус – признак переменный и зависит не только от сорта, но и условий выращивания [3, 4].

Клубни картофеля сорта Вектар с лучшими вкусовыми качествами 7,7 и 8,0 баллов по девятибалльной шкале были получены при применении некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне $\text{N}_{120}\text{P}_{70}\text{K}_{130}$ и $\text{N}_{130}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$. Клубни картофеля в вариантах опыта без применения удобрений и с внесением $\text{N}_{90}\text{P}_{68}$, также были оценены по вкусовым качествам в 7,7 баллов.

Внесение до посадки ОМУ бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения способствовало улучшению вкусовых качеств по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений до 7,0 баллов.

По развариваемости сорт Вектар за годы исследований характеризовался, как сильно разваримый (7 баллов).

По потемнению мякоти в сыром виде данный сорт картофеля относится к среднетемнеющему 4,3–6,3 баллов по девятибалльной шкале.

Внесение азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$) с исключением из системы удобрения калия способствовало усилению ферментативного потемнения клубней до 4,3 баллов.

Влияние новых форм удобрений на урожайность, дегустационные показатели, разваримость и потемнение мякоти клубней картофеля сорта Вектар (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Окупаемость 1 кг д.в. NPK, кг клубней	Вкусовые качества, балл (1-9)	Разваримость, балл (1-9)	Потемнение мякоти, балл	
					ферментативное (9-1)	неферментативное (9-1)
1. Без удобрений	21,6	–	7,7	7,0	6,3	8,3
2. $N_{90}P_{68}$	27,1	35	7,7	7,0	4,3	8,3
3. $N_{90}P_{68}K_{135}$ – Фон 1	32,6	38	6,3	7,0	5,7	8,3
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее)	38,9	59	7,0	7,0	5,7	7,7
5. ОМУ – бесхлорное + $N_{39}K_{58}$ (по NPK экв. вар. 3)	39,7	62	7,0	7,0	4,3	9,0
6. $N_{120}P_{70}K_{130}$ – Фон 2	35,6	44	5,7	6,3	6,3	8,3
7. Фон 2 + МикроСтим В, Сп	39,6	56	6,3	7,0	5,7	8,3
8. Фон 2 + Нутривант плюс	39,9	57	7,7	7,0	6,3	9,0
9. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс	41,8	55	8,0	7,0	5,7	8,3
НСР ₀₅	1,2	–	–	–	–	–

По потемнению мякоти клубней после варки сорт Вектар характеризовался как слаботемнеющий (7,7–8,3 баллов). Не было отмечено потемнения мякоти клубней картофеля после варки (9 баллов) в вариантах с использованием ОМУ бесхлорного и Нутриванта плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$.

Отмечена высокая сортовая отзывчивость картофеля сорта Вектар на внесение повышенных доз минеральных удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ с применением некорневой подкормки комплексным удобрением Нутривантом плюс в среднем за три года исследований, что способствовало получению наибольшей урожайности клубней картофеля (41,8 т/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 293 с.
2. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.
3. Теслюк, П. С. Влияние метеорологических условий вегетационного периода на урожайность и качество картофеля / П. С. Теслюк, С. А. Клець // Картофелеводство : межвед. темат. науч. сб. – Киев : Урожай, 1987. – Вып. 18. – С. 47–49.
4. Теслюк, П. С. Насінництво картоплі / П. С. Теслюк, М. Я. Молоцький, М. Ю. Власенко. – Біла Церква, 2000. – 200 с.

УДК 527:631.524.82

ОТЗЫВЧИВОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ОБРАЗЦОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

И. Н. КАЗНАЧЕЕВА, аспирант,
РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика Беларусь,

Среди техногенных факторов интенсификации земледелия по воздействию на урожайность, качество растениеводческой продукции и окружающую среду особое место занимают азотные удобрения. Однако их производство весьма энергоемко и затратно, что сказывается на экономических показателях их применения. Поэтому значительный интерес для повышения эффективности применения азотных удобрений представляет селекция агрохимически эффективных сортов.

Теоретической основой создания таких сортов является генетика минерального питания, основные задачи которой сформулированы в конце прошлого века Э. Л. Климашевским [1]. Особую актуаль-

ность этот вопрос имеет для льна-долгунца, у которого диапазон вносимых доз азота находится в весьма узких пределах и не превышает 30 кг д.в./га.

В ряде публикаций [2, 3] отмечается, что в повышении реакции сортов на удобрение особое значение имеет развитие первичной корневой системы и ее физиологическая деятельность, донорно-акцепторные отношения у растений, а также устойчивость растений к полеганию.

Целью наших исследований было определение отзывчивости образцов белорусской и французской селекции на формирование урожайности тресты и волокна, в зависимости от продолжительности вегетационного периода, на двух фонах минерального азота: стандартного (18 кг/га д.в.) и повышенного (35 кг/га д.в.).

Закладку коллекционного питомника, состоящего из 10 белорусских и 10 французских образцов, проводили согласно методическим указаниям по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) [4]. Посев был проведен вручную рядовым способом с междурядьем 10 см, между образцами – 20 см. Коллекционные образцы высеяны в трехкратной повторности с нормой высева 200 штук визуальнo выполненных семян на 1 метр погонный.

Анализируя данные графика (рис. 1), можно отметить, что на продолжительность вегетационного периода у образцов льна-долгунца белорусской группы дозы минерального азота существенного влияния не оказывали. В среднем по белорусской группе вегетационный период составил 84 дня на повышенном и 86 дней на стандартном фонах, что нельзя сказать об образцах французской группы, у которых на повышенном фоне вегетационный период удлинялся с 80 до 86 дней. На период всходы–цветение как у белорусской группы, так и у французской дозы минерального питания существенного влияния не оказали. Данный период у льна-долгунца имеет основополагающее значение для формирования растительной биомассы, которая обеспечивает основной выход тресты и волокна.

Период цветения-созревание у французской группы сортообразцов сокращается с 36 на стандартном фоне до 33 дней на повышенном фоне. Это свидетельствует о том, что повышенные дозы азота способствовало более быстрому созреванию французских образцов, а в белорусской группе таких изменений не наблюдалось.

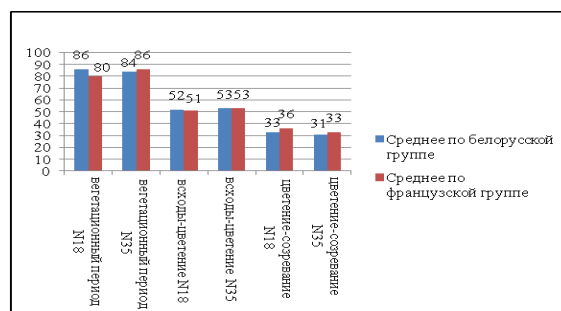


Рис. 1. Продолжительность вегетационного периода (дней) льна-долгунца в зависимости от фона минерального азота

Анализируя данные по продуктивности изучаемых групп, установлена зависимость урожайности льняной тресты и волокна белорусских и французских сортообразцов от доз минерального азота (рис. 2). Так, по урожайности тресты на двух фонах лучше себя показали белорусские образцы, их превосходство над французскими составило на стандартном фоне 0,8 %, на повышенном 11,7 %. По урожайности общего волокна превосходство белорусских образцов над французскими составило: на стандартном фоне 11,3 %, на повышенном фоне 16,3 %, длинного волокна 20,4 % и 37,1 % соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что французские образцы в среднем обладают более низкой реакцией на внесение азота по урожайности тресты и волокна. Однако это не исключает целесообразность поиска отдельных генотипов у наиболее отзывчивых популяций.

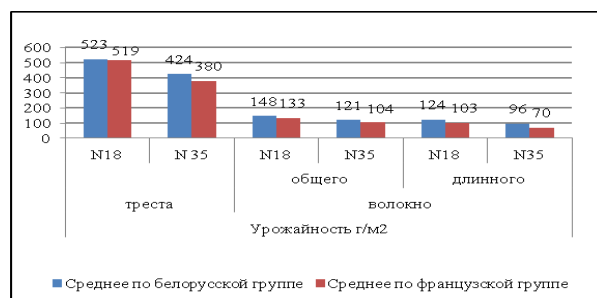


Рис. 2. Урожайность волокна образцов различного происхождения льна-долгунца в зависимости от фона минерального азота

На содержание общего и длинного волокна в тресте у образцов белорусской группы дозы минерального азота существенного влияния не оказывают (рис. 3).

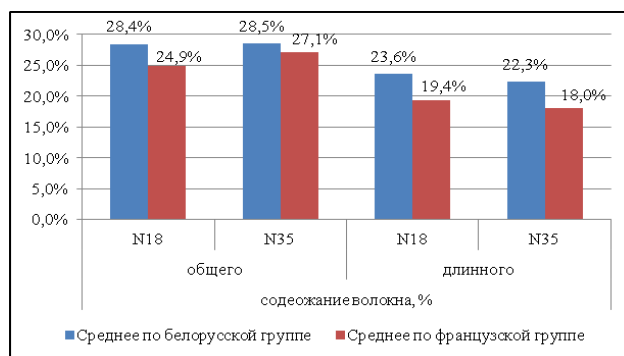


Рис. 3. Содержание волокна (%) льна-долгунца в зависимости от фона минерального азота

При выращивании французских образцов льна-долгунца на повышенном фоне минерального азота установлено повышение содержания общего волокна в тресте с 24,9 % до 27,1 %, снижение содержания длинной фракции с 19,4 % до 18,0 %.

Таким образом, по отношению к применяемым дозам минерального азота белорусские образцы являются более конкурентоспособными по сравнению с французскими популяциями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климашевский, Э. Л. Генетический аспект минерального питания растений / Э. Л. Климашевский. – М.: В.О. Агропромиздат, 1991. – 415 с.
2. Технология и организация производства высококачественной продукции льна-долгунца / Под общ. ред. В. П. Понажева. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 148 с.
3. Сорокина, О. Ю. Оптимизация агрохимических характеристик почвы – основа улучшения качества льнопродукции / О. Ю. Сорокина // Экологические функции агрохимии в современном земледелии: материалы Всероссийского совещания, г. Москва, 2008 г. / ВНИИА – Москва, 2008. – С. 189–192.
4. Методические указания по проведению исследований в длительных полевых опытах с удобрениями / Под. ред. В. Г. Минеева. – М.: ВИУА им. Д. Н. Прянишникова, 1985. – 132 с.

УДК 631.8:63318:631.674.6

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ РИСА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СТЕПИ УКРАИНЫ

В. В. КАЛИНЧУК, аспирант, младш.науч.сотр.,
Институт риса НААН, г. Скадовск, Украина

Одним из важных направлений повышения продуктивности сортов риса является изучение биологических особенностей каждого сорта и выявление оптимальных доз удобрений, которые в значительной степени определяют реализацию производительного потенциала посевов и обеспечивают получение устойчивых урожаев зерна с высокими качественными показателями [1,2]. Для риса первоочередным фактором, в случае применения высокоэффективной системы защиты посевов от вредных организмов, является уровень обеспечения питательными веществами из расчета на генетически обусловленный потенциал производительности.

Целью наших исследований является влияние разных систем удобрения на урожайность риса при капельном орошении для создания условий и реализации биологического потенциала культуры, повышение адаптационных возможностей к действию неблагоприятных факторов среды и определенных почвенно-климатических условий выращивания.

Объект наших исследований – процесс формирования продуктивности посевов риса различных сортов, минеральные удобрения.

Предмет исследований – рис, особенности его сортовой реакции на уровень минерального питания.

Исследование проводилось в 2016–2018 годах на полях Института риса НААН. Почва опытного участка лугово-каштановая остаточного-солонцеватая средне суглинистая.

Потребность в элементах питания растений риса отличается по фазам развития. Особенно рис чувствителен к недостатку азота, который приводит к снижению интенсивности фотосинтеза, кущения, метелка формируется небольшой и повышается пустозерность [2, 3]. Своевременное обеспечение растений риса азотом обеспечивает 70–90 % урожая. Для этого азотные удобрения вносят под предпо-

севную культивацию и в подкормку, которая проводится в фазу кущения. Норма подкормки определяется на основе оптимального уровня содержания макроэлементов в растениях риса в разные фазы роста и развития [4].

Так, в 2016 году урожайность риса сорта Премиум при подкормке карбамидом превышала данный показатель чем подкормка аммиачной селитрой по вариантам №1,2,4 (9,23 т/га; 8,68 т/га; 9,51 т/га). Самая высокая урожайность сорта Премиум 10,05 т/га была получена на варианте №6 за подкормки аммиачной селитрой. Сорт риса Консул, почти на всех вариантах продемонстрировал более высокую урожайность при подкормки аммиачной селитрой. Самый высокий показатель урожайности 9,50 т/га было получено на варианте №6 (допосевное 500 кг/га сульфат аммония + суперфосфат простой 200 кг/га). Сравнивая урожайность сорта риса Маршал, стоит отметить полученную в 2016 высшую урожайность при подкормке карбамидом по вариантам №2,3,4,5. Самый высокий показатель урожайности сорта Маршал был получен на варианте №6 (10,17 т/га) при подкормке аммиачной селитрой.

В 2017 году самая высокая урожайность сорта риса Премиум (9,27 т/га) и Консул (10,59 т/га) получена на варианте №7 (допосевное 300 кг/га сульфат аммония + суперфосфат простой 200 кг/га; одновременно с посевом карбамид 87 кг/га) при подкормке карбамидом. Сорт риса Маршал показал самую высокую урожайность на варианте №2 (допосевное карбамид 130 кг/га одновременно с посевом сульфоаммофос 200 кг/га) при подкормке карбамидом.

Самые низкие показатели урожайности риса на всех вариантах и сортах риса было получено в 2018 году, что обусловлено неблагоприятными погодными условиями. Самая высокая урожайность сорта Премиум (7,17 т/га), Консул (6,68 т/га) и Маршал (8,16 т/га) была получена на варианте №8 (допосевное 400 кг/га сульфат аммония + суперфосфат простой 100 кг/га одновременно с посевом сульфоаммофос 100 кг/га) при подкормке карбамидом.

Анализируя результаты исследования влияния системы удобрения на урожайность сортов риса Премиум, Консул и Маршал, можно сделать вывод, что для подкормки наиболее эффективным удобрением является карбамид. Это обусловлено тем, что поддержание влажности почвы около 100 % НВ приводит к снижению окислительно-восстановительного потенциала слоя почвы 0–20 см до отрицательных значений, и такая ситуация поддерживается на поле в течение 2–3-х месяцев в период кущения риса. Исследованиями ученых Института риса НААН доказано, что в анаэробных условиях (рисовых чеках) растения риса могут использовать только азота в аммиачной форме.

Урожайность риса в среднем при подкормке карбамидом превышает данный показатель больше чем при подкормке аммиачной селитрой, сорта Премиум на 3–25 %, Консул на 3–16 %, Маршал на 1–27 %. Поскольку, вариабельность урожайности риса по фактору С за годы исследований не превышает предела допустимых ошибок, это свидетельствует, что в определении видов и норм внесения удобрений до посева следует руководствоваться экономическими показателями и содержанием макроэлементов в почве.

Урожайность сортов риса в условиях капельного орошения при различных системах удобрения (среднее за 2016–2018 гг.), т / га

Варианты внесения минеральных удобрений (Фактор С)	Сорт (Фактор А)						Среднее
	Премиум		Консул		Маршал		
	минеральное удобрение для подкормки (ФакторВ)						
	карбамид	аммиачная селитра	карбамид	аммиачная селитра	карбамид	аммиачная селитра	
1) Допосевное карбамид 174 кг / га + суперфосфат простой 100 кг / га; одновременно с посевом сульфоаммофос 100 кг/га	7,60	5,68	7,48	6,94	6,52	6,45	6,78
2) Допосевное карбамид 130 кг/га; одновременно с посевом сульфоаммофос 200 кг/га	7,28	6,69	7,68	7,17	7,63	5,99	7,07
3) Допосевное сульфоаммофос 200 кг / га; одновременно с посевом карбамид 130 кг/га	7,83	7,11	7,22	6,91	7,97	5,80	7,14
4) Допосевное карбамид 214 кг / га + суперфосфат простой 100 кг / га; одновременно с посевом суперфосфат простой 100 кг / га	7,48	6,98	7,63	7,14	8,10	6,05	7,23
5) Допосевное карбамид 174 кг / га + сульфоаммофос 100 кг / га; одновременно с посевом суперфосфат простой 100 кг / га	8,08	7,28	7,76	6,47	7,94	5,91	7,24
6) Допосевное 500 кг / га сульфат аммония + суперфосфат простой 200 кг / га	7,87	7,62	7,53	7,54	7,78	7,52	7,64
7) Допосевное 300 кг / га сульфат аммония + суперфосфат простой 200 кг / га; одновременно с посевом карбамид 87 кг / га	7,77	7,37	7,80	7,07	7,23	6,05	7,21
8) Допосевное 400 кг / га сульфат аммония + суперфосфат простой 100 кг / га; одновременно с посевом сульфоаммофос 100 кг/га	8,14	6,83	7,17	6,96	7,05	6,73	7,15
Средние	7,76	6,94	7,53	7,02	7,53	6,31	7,18

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологія вирощування рису з врахуванням вимог охорони навколишнього середовища в господарствах України / В. В. Дудченко, Р. А. Вожегова, С. Г. Вожегов [та ін.]. – Херсон : Наддніпряночка, 2008. – 72 с.
2. Дудченко, В. В. Рисова система землеробства в Україні / Дудченко В. В., Воронюк З. С., Дудченко Т. В. – Севастополь: ПП. Хімагромаркетинг, 2006. – 72 с.
3. Балюк, С. А., Ладних В. Я., Чаусова Л. А. Рекомендации по внесению средств химизации с поливной водой. – Харьков: ИПА УААН, 1993. – 20 с.
4. Алешин, Е. П., Сметанин А. П. Минеральное питание риса. – Краснодар, 1965. – 208 с.

УДК 004.042:633.853.492

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ ПО ОПТИМИЗАЦИИ НОРМ NPK В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

С. С. КАМАСИН, канд. с-х. наук, доцент,

И. К. МИРОНЧИКОВ, ассистент,

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

г. Горки, Республика Беларусь

Е. В. ТЕРНОВ, канд. техн. наук, зав. отделом информатизации ЖКХ института ЖКХ НАН Беларуси

Внедрение систем точного земледелия позволяет дифференцированно внести минеральные удобрения на каждом элементарном участке или криволинейной зоне плодородия поля. На рис. 1 представлен пример расчета норм NPK для формирования 30 ц/га ярового рапса с помощью компьютерной программы (С. С. Камасин, Е. В. Тернов), учитывающей коэффициенты возврата (возмещения) NPK, то есть по официально признанной методике. Двойная интерполяция данных (по урожайности и содержанию P_2O_5 и K_2O в почве) позволяет более точно определить коэффициенты возврата (возмещения) NPK.

Из данных рис. 1 видно, что при одинаковой планируемой урожайности требуются различные нормы внесения азота, фосфора и калия. Во второй сверху строке даны средневзвешенные агрохимические показатели поля и рассчитанные по ним нормы NPK, а в верхней строке приводятся средневзвешенные по полю нормы NPK. Как видим, между указанными значениями нет существенной разницы. А это значит, что в результате выравнивания плодородия почвы элементарных участков поля (одно из преимуществ данной системы расчета) мы не получаем какой-либо значимой экономии. Аналогичная картина наблюдается и при планировании различных уровней урожайности по элементарным участкам (рис. 2).

Агрокультура:

Яровой рапс. Семена

Задать участки, ед:

8

Принтер

Планируемая урожайность, ц/га:

30

Различная урожайность участков

Обновить

Предшественник:

Яровая пшеница. Зерно

Ограничение по азоту

Ограничение по фосфору

Ограничение по калию

Рассчитать

Источник азота:

(Без поправки к дозе азотных удобрений)

Урожайность предшественника, ц/га:

40

Вид принтера:

Принтер 2

Органическое удобрение:

(Отсутствует)

Включать ограничение азота с фосфором или калием

Внесено под предшественник, т/га:

0

Использовать библиотеку

Планируется внести, т/га:

0

Наимен. расчет	Площадь, га	исл. рН	умус. %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	Внести N, кг/га	Внести P, кг/га	Внести K, кг/га	Урожай, ц/га
Средневзв. агрохим. показатели		5,3	2,6	251	252	160	99	101	
Участок 1	2,43	4,2	2,1	205	264	178	127	92	30,0
Участок 2	2,38	5,3	3,1	281	113	145	90	151	30,0
Участок 3	2,10	5,8	2,8	164	355	152	126	62	30,0
Участок 4	1,21	5,3	3,0	193	218	145	126	113	30,0
Участок 5	1,55	5,5	1,7	337	328	192	61	74	30,0
Участок 6	0,95	4,7	2,5	182	238	163	137	101	30,0
Участок 7	1,00	6,1	3,2	386	115	145	33	169	30,0
Участок 8	1,55	6,1	2,9	309	356	149	68	64	30,0

Рис. 1. Результаты расчета норм NPK с одинаковой урожайностью по участкам

Агрокультура:

Яровой рапс. Семена

Планируемая урожайность, ц/га:

30

Предшественник:

Яровая пшеница. Зерно

Источник азота:

(Без поправки к дозе азотных удобрений)

Урожайность предшественника, ц/га:

40

Органическое удобрение:

(Отсутствует)

Внесено под предшественник, т/га:

0

Планируется внести, т/га:

0

Задать участки, ед:

8

☒ Различная урожайность участков

☐ Ограничение по азоту

☐ Ограничение по фосфору

☐ Ограничение по калию

☐ Включать ограничение азота с фосфором или калием

☐ Использовать библиотеку

Принтер

Обновить

Рассчитать

Вид принтера:

Принтер 2

Наимен. расчет	Площадь, га	исл. рН	умус. %	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг	Внести N, кг/га	Внести P, кг/га	Внести K, кг/га	Урожай, ц/га
Средневзв. агрохим. показатели		5,3	2,6	251	252	161	100	107	
Участок 1	2,43	4,2	2,1	205	264	160	102	102	30,0
Участок 2	2,38	5,3	3,1	281	113	171	106	177	35,3
Участок 3	2,10	5,8	2,8	164	355	162	134	66	31,9
Участок 4	1,21	5,3	3,0	193	218	166	144	129	34,2
Участок 5	1,55	5,5	1,7	337	328	143	47	57	19,4
Участок 6	0,95	4,7	2,5	182	238	158	132	98	28,5
Участок 7	1,00	6,1	3,2	386	115	176	40	206	36,4
Участок 8	1,55	6,1	2,9	309	356	164	75	70	33,0

Рис. 2. Результаты расчета норм NPK с различной урожайностью по участкам

Из данных рис. 2 видно, что при планировании различной урожайности (в данном случае уровни урожайности «привязаны» только к содержанию гумуса) мы также не достигаем экономии NPK. Почему так происходит? Обусловлено это тем, что при низком содержании в почве определенного элемента питания программа предусматривает не только компенсацию его выноса с урожайностью, но и дополнительное внесение для выравнивания плодородия поля. И если прежде, при сравнительно невысоких ценах на минеральные удобрения, это можно было позволить, то теперь такая система расчетов позволительна только для материально сильных хозяйств. Поэтому актуален поиск новых подходов при разработке алгоритмов расчета норм NPK. Примером такового является экспериментальная компьютерная программа «NPK-оптимизатор» (С. С. Камасин, И. К. МIRONЧИКОВ) [1]. Программа, кроме площади элементарного участка, его кислотности, гранулометрического состава, глубины и объемного веса пахотного горизонта, содержания гумуса, P_2O_5 и K_2O , предшественника, действия и последствия одного из 15 видов органического удобрения, планируемой урожайности учитывает также стоимость 1 кг действующего вещества азота, фосфора и калия, и стоимость или себестоимость 1 центнера выращиваемой продукции. При этом может использоваться любая валюта. В программу заложены данные для 39 полевых культур, включая сенокосы и пастбища. На рис. 3 представлен пример расчета (в белорусских рублях) с ранее использованными параметрами планируемой урожайности и агрохимическими данными элементарных участков поля с яровым рапсом.

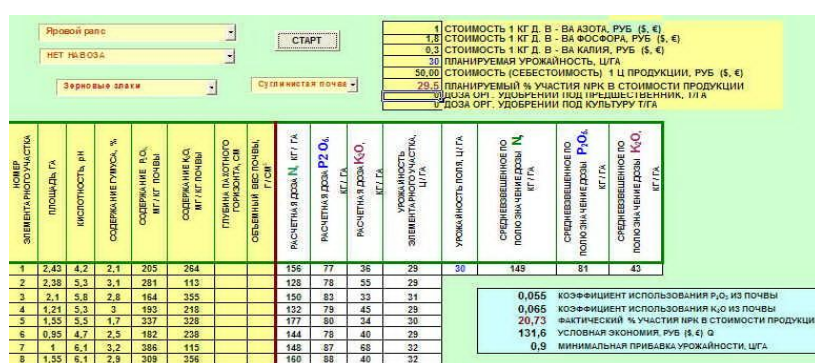


Рис. 3. Результаты расчета норм NPK для 30 ц/га зерна ярового рапса

Из данных рис. 3 видно, что при планируемом проценте участия стоимости NPK в стоимости продукции – 29,5 %, фактический процент участия (после оптимизации) составляет 20,73 %, а условная экономия составляет 131,6 руб./га, что эквивалентно 60 \$/га. Если сравнить полученные результаты расчетов с данными рисунков 1 и 2, мы увидим меньшие нормы NPK, особенно по K_2O . Поскольку рапс способен использовать калий из подпахотного горизонта, коэффициенты использования K_2O (на рисунке не отображаются), внесенного с минеральным удобрением в пахотный горизонт, имеют максимальные значения. Но условная экономия складывается не с этой разницы между двумя системами расчета, а внутри самой системы расчета, представленной на рис. 3. Условная экономия затрат может быть положительной или отрицательной даже на одном элементарном участке, поскольку она, по сути, показывает степень соответствия агрохимических показателей участка требованиям культуры к данным показателям с учетом стоимости NPK. Она также включает экономию затрат за счет уменьшения доз P_2O_5 и K_2O при определенных повышенных дозах азота или избыточном содержании P_2O_5 и K_2O в почве, но не включает стоимость минимальной прибавки. Минимальная прибавка урожайности 0,9 ц/га определяется только дозами азота. В данном случае, если внести средневзвешенную дозу N_{149} на каждом элементарном участке поля, то недобор урожайности составит 0,9 ц/га. Максимальная прибавка, учитывающая лимитирующее действие всех трех элементов (NPK), будет выше, но, учитывая способность большинства культур усиливать мобилизацию P_2O_5 и K_2O из почвы и минеральных удобрений при достаточном обеспечении азотом [2], она может не подтвердиться экспериментально при благоприятных погодных условиях. Коэффициенты использования P_2O_5 и K_2O из почвы, представленные в результатах расчета, приводятся только для последнего элементарного участка (№ 8) и служат для контроля расчетов. Величины коэффициентов использования фосфора и калия из почвы зависят от содержания данных элементов питания в пахотном горизонте, кислотности и гранулометрического состава почвы, выращиваемой культуры и существенно варьируют. Основным недостатком многих компьютерных программ данного профиля является использование мало вариабельных, или постоянных значений коэффициентов использования фосфора и калия из почвы.

Оптимальные уровни урожайности по элементарным участкам поля отличаются от данных рис. 2, и это не случайно. Ведь здесь мы учитываем не только содержание гумуса в почве, но также содержание P_2O_5 и K_2O , и, что самое главное, стоимость каждого элемента питания. Точность определения

уровней оптимальной урожайности на каждом конкретном элементарном участке (зоне плодородия) поля является лишь одним из факторов, определяющих величину условной экономии. Другим факторам, наряду с точным определением границ элементарных участков (зон почвенного плодородия) и их количеством является пестрота почвенного плодородия поля. Чем больше вариация, тем больше экономия. Мы трансформируем негативный фактор пестроты почвенного плодородия в позитивный фактор экономии ресурсов и увеличения урожайности [3].

Программа также позволяет выбрать для каждого конкретного поля с учетом пестроты почвенного плодородия, культуру, выращивание которой позволит получить наибольшую экономию затрат на NPK, а также определить экономическую значимость (в денежном выражении) предшественника и внесенных органических удобрений.

В программе можно адаптировать открытую базу данных по выносу NPK с единицей продукции и коэффициентам использования NPK из минеральных и органических удобрений к фактическим параметрам в каждом конкретном хозяйстве. При ежегодном определении фактического выноса NPK с единицей продукции, базовые данные можно откорректировать достаточно точно для конкретных почвенно-климатических и производственных условий хозяйства. В случае использования программы для нескольких хозяйств, банк данных необходимо формировать для каждого из них.

Порядок работы с программой можно посмотреть в Google.com или YouTube.com, набрав в поисковике «NPK-оптимизатор».

ЛИТЕРАТУРА

1. Камасин, С. С., МIRONЧИКОВ И. К. Компьютерная программа «NPK – оптимизатор» для систем точного земледелия / Агроэкологический вестник Воронежского государственного аграрного университета имени Петра I – Воронеж, 2016. – С. 168–175.
2. Вильдфлуш, И. Р. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш, С. П. Кукреш, В. В. Лапа и др.; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – С. 67, 225, 241.
3. Камасин, С. С. Пестрота почвенного плодородия поля как фактор оптимизации норм NPK. / Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности // Мат. междуна. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВО СГСХА. – Смоленск, 2017. С. 67–72.

УДК 911.52; 504.054; 504.064

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ

А. А. КАРПИЧЕНКО, канд. геогр. наук, доцент,
Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Вопросы выявления загрязнения природной среды тяжелыми металлами являются в достаточной мере актуальными в настоящее время, при этом одними из основных источников загрязнения являются промышленные предприятия и транспорт, полигоны бытовых и промышленных отходов. Хорошим индикатором геохимической трансформации территории может являться растительный покров, который одним из первых ощущает загрязнение и изменение качества среды из-за накопления тяжелых металлов и других токсических веществ в почве, приводящих к формированию биогеохимических аномалий, оказывающих непосредственное влияние на здоровье и условия проживания населения [1]. Сопряженное ландшафтно-геохимическое исследование почв и растительности позволяет решать задачи определения направления эволюции экосистем. Наиболее выраженное влияние техногенеза характерно для крупных металлургических комбинатов и горнопромышленных предприятий, для которых на загрязнение тяжелыми металлами почв и растительности может прослеживаться на расстояние до 40 км и более [2, 3]. В Беларуси столь сильное техногенное влияние практически не отмечалось, особенно в пригородной зоне, однако это не исключает возможности существования точечных ореолов более интенсивного загрязнения.

Изучение геохимии растительности пригородных зон исследовалось в зоне влияния г. Молодечно проводилось в июле 2017 г. путем отбора образцов преобладающей естественной (для природных растительных сообществ) и сельскохозяйственной растительности (для агроландшафтов) на удалении от 100 м до 10 км от границ города. Для исследования содержания тяжелых металлов в растительности было отобрано 33 пробы наиболее распространенной естественной и сельскохозяйственной растительности.

Всего было отобрано 15 образцов листьев и иглицы древесной растительности, из них 6 проб листьев березы повислой (*Betula pendula*), 3 – осины обыкновенной (*Populus tremula*), 3 – сосны обыкновенной.

новенной (*Pinus sylvestris*), 2 – ольхи черной (*Alnus glutinosa*), 1 – ивы козьей (*Salix caprea*). 18 образцов пришлось на травянистую растительность, из них 6 образцов многолетних трав (с преобладанием злаков), 5 – пшеницы (*Triticum*), 2 – кукурузы (*Zea mays*), 2 – рапса (*Brassica napus*), по одному образцу пришлось на тритикале (*Triticosecale*), ячмень (*Hordeum vulgare*) и пырей ползучий (*Elytrigia repens*).

Образцы растительности высушивались до воздушно-сухого состояния, взвешивались и озолялись в муфельной печи. Анализ валового содержания Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, Cr, Ti в почвах производился эмиссионно-спектральным методом на многоканальном атомно-эмиссионном спектрометре ЭМАС-200ДДМ в дуге переменного тока в научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов Белорусского государственного университета. Зольность для отобранных образцов растительности зоны влияния г. Молодечно колебалась в пределах от 2,2 до 18,8 % при достаточно высокой вариабельности (коэффициент вариации (V) = 46,6 %).

Результаты анализа и основные статистические показатели содержания металлов в золе растений пригородной зоны г. Молодечно приведены в таблице.

Содержание тяжелых металлов в золе растений в пригородной зоне г. Молодечно

	Зольность, %	Химические элементы, мг/кг золы						
		Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Ti	Cr
Минимум	2,2	6,6	н.о.	106	1,0	н.о.	38	2,7
Максимум	18,8	115,6	6,41	6897	96,1	1,24	2889	117,7
Среднее арифметическое	7,4	31,1	2,82	1369	15,4	0,85	323	23,3
Среднее геометрическое	6,7	25,4	2,56	619,5	7,2	0,80	183,2	14,8
Медиана	6,8	23,0	2,6	554,5	6,0	0,9	160,0	11,8
Коэффициент вариации (V), %	46,6	74,9	47,6	129,1	150,8	36,3	158,6	114,2

В связи с широким видовым разнообразием растений и почв в зоне влияния города отмечен довольно широкий диапазон накопления исследуемых элементов, при этом данные средних концентраций и величин разброса согласуются с данными по растительности Беларуси [4]. Содержание олова и свинца в ряде проб растительности было ниже предела обнаружения. Установлена высокая вариабельность содержания свинца и олова в золе (V = 47,6 и 36,3 % соответственно), очень высокая – для меди (74,9 %), для остальных исследуемых элементов – аномальная. В связи с высокой вариабельностью усреднения значений содержания элементов можно использовать среднюю геометрическую величину или медиану. Похожая картина наблюдалась и для растительности г. Молодечно [5].

Установлены отличия в характере накопления исследуемых элементов в золе у древесных и травянистых растений, при этом наблюдается большая однородность данных внутри этих групп. Максимальное содержание меди отмечено для золы листьев ольхи черной (до 115,6 мг/кг) и березы повислой (до 98,9 мг/кг), в среднем в листьях и иглице ее содержание составляет 45,6 мг/кг (предел колебаний от 20,5 до 115,6 мг/кг), в то время как в золе трав и сельскохозяйственных культур меди в среднем более чем в два раза меньше – 19,0 мг/кг (6,6–41,4 мг/кг). Еще более существенная разница (более чем десятикратная) отмечена для марганца – в золе листьев и хвои его в среднем 2704,6 мг/кг (от 636 до 6897 мг/кг), особенно сильное накопление отмечено для березы и сосны, тогда как для золы травянистых растений средняя составляет всего 255,5 мг/кг (106–616 мг/кг). Схожая картина характерна для никеля – среднее содержание в золе для древесной растительности составляет 28,8 мг/кг, в травянистой – 4,2 мг/кг, максимальные концентрации в иглице сосны и листьях березы (82,6–96,1 мг/кг). Олово отмечается лишь в следовых концентрациях, в основном – ниже чувствительности метода. В накопление титана имеет довольно сложную картину, при этом отмечено несколько большее накопление в золе травянистой растительности, что отличает титан от других исследуемых элементов. Характер накопления хрома в золе исследованных растений схож с марганцем и никелем, с большей средней концентрацией в древесных растениях (40,7 мг/кг) и меньшей в травянистых (8,8 мг/кг). В целом в золе зеленой части сельскохозяйственных культур накапливается меньшее число исследуемых элементов, чем в листьях и иглице деревьев.

Отмечена сильная прямая нелинейная связь между Mn и Ni (рис. 1), корреляционное отношение составило 0,97, сильная прямая линейная статистическая связь наблюдается между Mn и Cr (r = 0,95) и между Ni и Cr (r = 0,91), однако это наблюдает за счет небольшого числа точек с большими содержаниями, поэтому данные связи требуют дополнительного изучения (рис. 2–3).

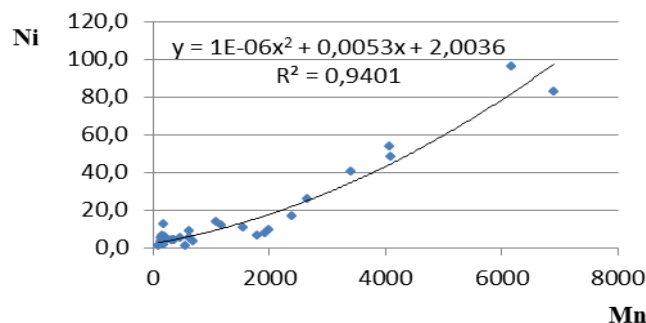


Рис 1. Корреляция между Mn и Ni в золе растений пригородной зоны г. Молодечно

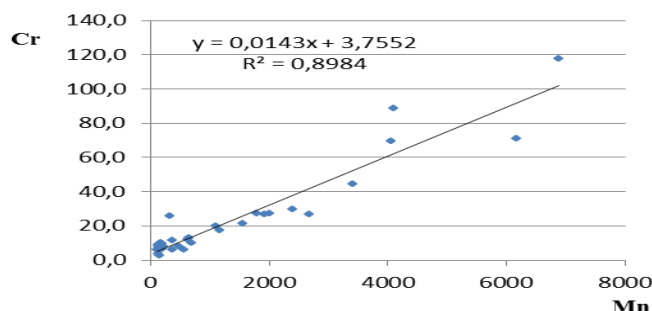


Рис. 2. Корреляция между Cr и Mn в золе растений пригородной зоны г. Молодечно

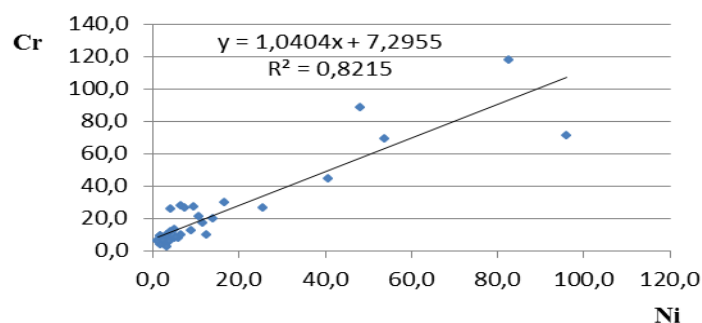


Рис. 3. Корреляция между Cr и Ni в золе растений пригородной зоны г. Молодечно

Путем сравнения содержания элементов в почве [6] и растительности было установлено, что из исследованных видов растений наибольшая биогеохимическая активность отмечена для березы и сосны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чертко, Н. К. Теория, методика и практика геохимических исследований урболандшафтов / Н. К. Чертко, А. А. Карпиченко // Вестник БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2016. – № 3. – С. 129–132.
2. Попова, О. В. Индикация дальности и интенсивности влияния Новалипецкого металлургического комбината на прилегающую территорию (по реакциям клена платановидного) / О. В. Попова, А. И. Федорова // Вестник БГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2005. – № 1. – С. 135–142.
3. Мумбер, А. Г. Накопление тяжелых металлов в разных органах березы повислой возле Карабашского медеплавильного комбината / А. Г. Мумбер, О. Е. Чашина // Агрохимия. – 2015. – №. 3. – С. 88–96.
4. Юркевич, И. Д. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, В. С. Адерихо. – Минск: Наука и техника, 1979. – 247 с.
5. Карпиченко, А. А. Геохимическая оценка почв и растительности г. Молодечно / А. А. Карпиченко, Н. К. Чертко, А. С. Семенюк // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. – 2018. – № 1. – С. 21–29.
6. Чертко, Н. К. Геохимия почв окружения г. Молодечно / Н. К. Чертко, А. А. Карпиченко, Е. М. Пятковская // Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–23 сент. 2018 г. – Минск: БГУ, 2018. – С. 252–257.

ВЛИЯНИЕ СПОРООБРАЗУЮЩИХ АЭРОБНЫХ БАКТЕРИЙ (*BACILLUS SUBTILIS* 20, 17(8)) НА ПРОРОСТКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Е. Г. КИСЛИНСКАЯ, младш. науч. сотр.;
Н. В. БЕЗЛЕР, ведущ. науч. сотр.,
М. А. СУМСКАЯ, старш. науч. сотр.,
лаборатории эколого-микробиологических исследований почвы,
ФГБНУ ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова,
п. ВНИИСС Рамонского района Воронежской области, Россия

Химические препараты оказывают прямое и опосредованное влияние на микробиологическое сообщество (МСО) почвы. Альтернативой химическим препаратам служат бактериальные, которые способны регулировать развитие патогенных популяций в фитоплане и почве. Некоторые микроорганизмы положительно влияют на ростовые процессы растений, что связано с их способностью продуцировать фитогормоны в окружающую среду [1].

Бактерии рода *Bacillus* являются перспективными агентами защиты растений от болезней, вызываемых фитопатогенными грибами, благодаря своей высокой приспособляемости и выживаемости в неблагоприятных условиях [2]. Род *Bacillus* объединяет большое количество видов бактериальных организмов палочковидной формы, которые в аэробных условиях образуют одну рефрактивную эндоспору. Образование эндоспор после фазы интенсивного вегетативного роста и размножения как бы завершает жизненный цикл клетки, переходящий в покоящуюся форму, способную прорасти в благоприятных для развития бактерий условиях. Биологическое значение образования спор, по видимому, заключается в способности переживать неблагоприятные экстремальные условия, что создает определенные преимущества перед другими микроорганизмами.

В лаборатории эколого-микробиологических исследований почвы ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара им. А. Л. Мазлумова» в коллекции эффективных микроорганизмов находятся штаммы аэробных спорообразующих бактерий вида *Bacillus subtilis* [3].

Опыт по изучению эффективности аборигенных штаммов *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) был заложен в лабораторных условиях методом проращивания семян сахарной свеклы в рулонах по ГОСТу 12038-66 [4]. Одним из наиболее эффективных биопрепаратов в борьбе с заболеваниями растений является микробиологический фунгицид «Алирин-Б» на основе штамма *Bacillus subtilis* В-10 ВИЗР, который включили в опыт в качестве эталона.

Исследования проводили на гибриде РМС 127, который является диплоидным, на стерильной основе, урожайно-сахаристого направления. Гибрид слабо поражается корневыми гнилями, болезнями листового аппарата, устойчив к цветущности, обладает высокой лежкоспособностью корнеплодов [5].

Семена обрабатывали биопрепаратом Алирин-Б в дозе 4 г/т и суспензиями штаммов *Bacillus subtilis* 20 и 17(8) в концентрациях 6 г/т. Расход рабочей жидкости 30 л/т семян. Опыт закладывали в 4-кратной повторности [6].

Результаты исследований показали, что в контроле длина проростка составила 3,1 см, корешка – 5,7 см, а масса 100 проростков – 4,2 г. При использовании препарата Алирин-Б наметилась тенденция к увеличению длины проростка на 0,2 см, длины корешка на 0,1 см, а массы – на 0,5 г (таблица).

Влияние обработки семян сахарной свеклы биопрепаратом Алирин-Б и бактериальной суспензией на изменении массы 100 проростков, длины проростка и корешка

Вариант	Длина (см)				Масса 100 проростков, (г)	±d
	проростка	±d	корешка	±d		
Контроль	3,1		5,7		4,2	
Алирин-Б	3,3	+0,2	5,8	+0,1	4,7	+0,5
Вас. sub. 20	3,3	+0,2	6,9	+1,2	4,8	+0,6
Вас. sub. 17(8)	3,7	+0,6	7,6	+1,9	5,3	+1,1
НСР _{0,5}	0,3		0,4		0,2	

Обработка семян штаммом *Bacillus subtilis* 20 способствовала увеличению длины проростка на 0,2 см и длины корешка на 1,2 см. Массу 100 проростков он повысил на 0,6 г.

При обработке семян штаммом *Bacillus subtilis* 17(8) достоверно выросла масса 100 проростков на 1,1 г. Так же увеличилась длина проростка и корешка на 0,6 и 1,9 см.

Таким образом, установлено, что биопрепарат Алирин-Б и бактериальная суспензия способствуют увеличению массы, длины проростка и корешка. Штамм *Bacillus subtilis* 17(8) обладал более выраженной ростстимулирующей активностью. По нашему мнению, целесообразно использовать этот штамм для стимулирования прорастания семян сахарной свеклы и активации развития растений на ранних этапах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емцев, В. Т. Микробиология: учебник для вузов / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2005. – 445 с.
2. Мелентьев, А. И. Использование микроорганизмов для защиты сельскохозяйственных растений от болезней / А. И. Мелентьев, А. П. Кочемасова, Н. Ф. Галимзянова // Актуальные вопросы биотехнологии. – Уфа, 1990. – С. 4–13.
3. Сумская, М. А. Применение бактериальной суспензии *Bacillus subtilis* на семенных растениях сахарной свеклы [Текст] / Сумская М. А. // Сахарная свекла, 2018. – №3 – С. 33–37.
4. ГОСТ 12038-66 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: Семена и посадочный материал сельскохозяйственных культур // М.: Издательство стандартов, 1973. – 41с.
5. Апасов, И. В. Краткая информация о результате научно-технической деятельности, полученном институтом системы Россельхозакадемии. [Электронный ресурс] / И. В. Апасов, Н. П. Грибанова, В. П. Ошевнев, Л. Н. Новикова, Н. Н. Колосова. – Режим доступа :<http://vniiesh.ru/results/katalog/2452/17634.html> (дата обращения: 30.11.2018).
6. Кислинская, Е. Г. Влияние штаммов *Bacillus subtilis* на проростки сахарной свеклы / Е. Г. Кислинская, Н. В. Безлер, М. А. Сумская. Научный альманах. – 2018. – № 5–3 (43). – С. 20–22.

УДК 63:54

РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД В АГРОХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

И. В. КОВАЛЕВА, канд. с.-х. наук, доцент,
Т. В. БУЛАК, канд. хим. наук, доцент,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Химический анализ растений – один из основных приемов агрохимического анализа, без которого невозможно решить многие вопросы агрохимии.

Анализ качества и диагностика питания растений основываются на достижениях фундаментальных наук и теснейшим образом взаимодействуют с аналитической химией, биотехнологией, микробиологией, широко используют в своей практике современные методы исследований. Они базируются на знании состава, структуры и свойств химических компонентов почвенных и растительных систем, а также на теории о множественности и неоднозначности химических превращений, протекающих под влиянием различных факторов (физических, химических, биохимических и т.д.). Влияние на эти превращения основных технологических факторов и умение управлять этими процессами – одно из наиболее важных направлений современной агрохимической науки и экологии. Перед агрономами и специалистами в области сельскохозяйственного растениеводства стоят ответственные задачи по рациональному и экологически безопасному применению средств химизации при возделывании сельскохозяйственных культур по перспективным технологиям, по повышению плодородия почв и продуктивности земледелия, поэтому они должны четко представлять возможности и владеть методами агрохимического анализа [3].

Содержание углеводов и их разнообразие определяются видом растения, фазой развития и абиотическими факторами среды и изменяются в широких пределах. Существуют количественные методы определения моносахаридов: химические, поляриметрические. Определение полисахаридов в растениях осуществляется теми же методами, но, прежде кислородная связь (-О-) этих соединений разрушается в процессе кислотного гидролиза. Один из основных методов определения – метод Бертра-на – основан на извлечении растворимых углеводов из растительного материала горячей дистиллированной водой. В одной части фильтрата определяют моносахариды, в другой – после гидролиза соляной кислотой – ди- и трисахариды, которые распадаются при этом до глюкозы.

Для моносахаридов характерна оптическая изомерия (энантиомерия) (Э. Фишер). В их молекулах содержатся асимметрические (хиральные) атомы углерода (C*), находящиеся в sp^3 -гибридизации и связанные с четырьмя различными атомами или их группами. Энантиомеры имеют идентичные физические и химические свойства. Число оптических стереоизомеров связано с числом асимметрических атомов углерода формулой $N = 2^n$. В общем случае молекула с "n" хиральными центрами имеет 2^n стереоизомеров, которые представляют собой пары зеркальных антиподов. Поскольку молекулы сахаров построены несимметрично, то для них не может быть оптически неактивных мезоформ. Экспериментальный факт, фиксируемый поляриметром, вращения поляризованного света вправо обо-

значается знаком (+); вращение влево – знаком (-). Символы знаков D(+) – и L(-) могут очень часто не совпадать [1].

Углеводы (сахара и крахмал, которые в первую очередь подлежат контролю) обладают оптической активностью, которая обуславливается наличием в их молекулах асимметрических атомов углерода. Важное место занимает метод рефрактометрического исследования углеводов и сахаров. На сегодняшний день рефрактометры имеются в большинстве лабораторий. Достаточная для практических целей точность, незначительная затрата исследуемого вещества (2–3 капли), несложность выполнения и простота расчета позволяют избавиться от громоздких расчетов, освободить его рабочее время, а также сэкономить целый ряд реактивов, что немаловажно при современной рыночной экономике.

Рефрактометрия (от лат. *refractus* – преломленный и греч. *metreo* – измеряю) – метод анализа, основанный на явлении преломления света при прохождении из одной среды в другую [2].

Метод этот обладает целым рядом преимуществ, в результате чего он нашел широкое применение, как в химических исследованиях, так и при контроле технологических процессов. Измерения показателей преломления являются весьма простым процессом, который осуществляется точно и при минимальных затратах времени и количества вещества. Обычно рефрактометры обеспечивают точность до 10 % при определении показателя преломления света и содержания анализируемого вещества. Метод рефрактометрии применяют для контроля подлинности и чистоты, для идентификации индивидуальных веществ, для определения строения органических и неорганических соединений при изучении растворов. Рефрактометрия находит применение для определения состава двухкомпонентных растворов и для тройных систем [2].

Преломление света, то есть изменение его первоначального направления, обусловлено различной скоростью распространения света в различных средах (рис. 1). При этом отношение синуса угла падения луча (α) к синусу угла преломления (β) для двух соприкасающихся сред есть величина постоянная, называемая показателем преломления (n). Показатель преломления также равен отношению скоростей распространения света в этих средах:

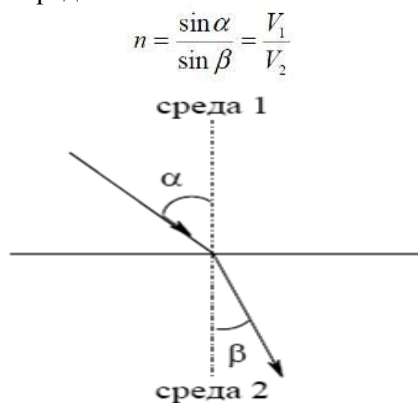


Рис. 1. Преломление света на границе двух сред

В лабораторных условиях обычно определяют так называемый относительный показатель преломления вещества по отношению к воздуху помещения, где ведется измерение. Показатель преломления измеряют на приборах рефрактометрах различных систем. Обычно измерение показателя преломления на рефрактометрах Аббе, в основу принципа, действия которого положено явление полного внутреннего отражения при прохождении светом границы раздела двух сред с различными показателями преломления. Диапазон измеряемых показателей преломления при измерении в проходящем свете 1,3–1,7. Точность измерения показателя преломления должна быть не ниже $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ [2].

Величина показателя преломления зависит от природы вещества, длины волны света, температуры, при которой проводится измерение и концентрации вещества в растворе. Измерение показателя преломления проводится при длине волны света 589,3 нм (линия D спектра натрия). Обязательным условием определения показателя преломления является соблюдение температурного режима. Обычно определение выполняется при $20 \pm 0,3$ °C. При повышении температуры величина показателя преломления уменьшается, при понижении – увеличивается. Поправку рассчитывают по следующей формуле: $n_1 = n_{20} + (20 - t) \cdot 0,0002$. Показатель преломления, измеренный при 20 °C и длине волны света 589,3 нм, обозначается индексом n_{20} [2].

В основе рефрактометрического исследования растворов лежит точное определение показателя преломления исследуемого раствора, что достигается соблюдением температурного режима, регулярной юстировкой прибора по дистиллированной воде. Измерения проводят следующим образом: наносят на призму несколько капель воды, определяют показания прибора, если визирная линия и линия раздела светлой и темной частей поля совпадают с делением шкалы рефрактометра (1,3330)

можно производить определение показателя преломления.

Метод рефрактометрии применяют для количественного анализа бинарных, тройных и разнообразных сложных систем растворов. Примером бинарных систем являются водные растворы спиртов, сахаров, глицерина, кислот, оснований, солей и др. Достоинствами рефрактометрического анализа являются простота и быстрота определений, высокая точность анализа (до сотых долей процента). Метод применяют для анализа разнообразных сложных систем: горючих и смазочных материалов, биологических и пищевых продуктов, лекарственных препаратов и др. Рефрактометрия в основном используется для количественного анализа, но применяется и для качественного анализа, поскольку показатель преломления является индивидуальной характеристикой вещества. Присутствие в исследуемой системе примесей влияет на его значение, поэтому определение коэффициента преломления используют для установления степени чистоты вещества. Рефрактометрическую идентификацию веществ проводят путём определения величин преломления и их физических характеристик (плотности, температуры кипения и т. д.). Полученные экспериментальные величины сравнивают с табличными и, таким образом, устанавливают природу веществ.

В сахарной и крахмалопаточной промышленности наибольшее распространение получили специальные поляриметры-сахариметры. Пользуясь сахариметром, можно определить содержание сахара в сахаросодержащих продуктах в процентах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артеменко, А. И. Удивительный мир химии / А. И. Артеменко. – М.: Дрофа, 2006. – 487 с.
2. Пентин, Ю. В. Физические методы исследования в химии / Ю. А. Пентин, Л. В. Вилков. – Мир, 2012. – 688 с.
3. Почвенная и растительная диагностика : учебное пособие / М. С. Сигида [и др.]. – Ставрополь, 2017. – 127 с.

УДК: [633.171:631.53.01]:631.811.98

ВЛИЯНИЕ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН ПРОСА МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ, БАКТЕРИАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ И РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Ю. В. КОГОТЬКО, ст. преподаватель,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Важнейшей задачей для современного сельскохозяйственного производства является дальнейшее совершенствование интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе лимитирующих факторов, одним из которых является обеспеченность элементами питания [1].

Индивидуальный подход при разработке системы применения удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях является важным приемом повышения урожайности сельскохозяйственных культур, качества продукции, а также получения высокой экономической эффективности в целом от применения удобрений [2].

Реализация данного приема невозможна без использования новых формы макро- и микроудобрений, бактериальных препаратов, регуляторов роста, которые отличаются более высокой эффективностью действия на урожайность и качество продукции, а также без совершенствования технологий их внесения [3, 4].

В связи с этим целью наших исследований было изучение отзывчивости проса на различные уровни минерального питания, микроэлементы, регуляторы роста и бактериальные удобрения при возделывании на зерно в условиях северо-востока Беларуси.

Исследования проводились в 2009–2011 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» Горецкого района Могилевской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднеоккультурная, временно-избыточно увлажненная легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м мореным суглинком. Содержание гумуса среднее – 1,65–1,71 %, повышенное содержание подвижного фосфора – 239–248 мг/кг и калия – 208–244 мг/кг, низкая обеспеченность медью – 1,33–1,36 мг/кг и цинком – 2,92–3,01 мг/кг, реакция почвенного раствора слабокислая – pH_{KCl} 5,98 и близкая к нейтральной – pH_{KCl} 6,00–6,11.

В качестве объекта исследований в опыте использовали сорт Галинка, который относится к виду *Panicum miliaceum* L., разновидность *ssp. subflavum*. Метёлка раскидистая, серо-фиолетовая, подушечки слабо окрашены антоцианом. Зерно среднее, яйцевидное, кремовое. Вегетационный период – 70–110 суток. Высота растений 115–125 см. К осыпанию и полеганию среднеустойчив. Масса

1000 зерен составляет от 5,8 до 7,0 грамм. Сорт универсального использования, отнесённый к ценным сортам, пригодным для производства крупы.

Согласно схеме опыта, для основного внесения в почву применялись минеральные удобрения в виде карбамида, аммофоса и хлористого калия. В варианте с дробным внесением азота подкормку проводили в фазу кушения карбамидом в дозе 30 кг/га д.в.

Для инкрустации семян использовали микроэлементы в виде хелатных форм: Cuprovetum, NaCuH(edta) · nH₂O (17 % Cu) и Zincovetum, NaZnH(edta) nH₂O (17 % Zn) в дозах 150 г/т д.в.

Также для предпосевной обработки семян использовался регулятор роста Эпин в дозе 20 мг/т д.в. и бактериальное удобрение Ризобактерин в дозе 200 мл на гектарную норму семян.

В качестве протравителя семян в опыте использовался Кинто Дуо в дозе 2 л/т.

Для борьбы с сорняками в фазу кушения проса применяли гербицид Секатор турбо в дозе 0,1 л/га.

Общая площадь делянки в опыте была 30 м², учетная – 25 м², повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. Агротехника опыта общепринятая, согласно отраслевому регламенту [5]. Норма высева семян – 4,5 млн/га всхожих семян. Предшественник – овес.

Таблица 1. Влияние макро- и микроудобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста на урожайность зерна проса (среднее за 2009-2011 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га				Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
		к контролю	от N	от Ризо-бактерина	от Cu-Zn-Эпина	
1. Без удобрений	22,9	—	—	—	—	—
2. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀	27,9	5,0	—	—	—	3,1
3. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	31,0	8,1	3,1	—	—	4,1
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	34,6	11,7	6,7	—	—	5,6
5. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	38,8	15,9	10,9	—	—	6,6
6. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	37,4	14,5	9,5	—	—	6,1
7. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀ +Ризобактерин	28,3	5,4	—	0,4	—	3,3
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ +Ризобактерин	30,8	8,0	—	—	—	4,1
9. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu	37,7	14,9	—	—	3,1	7,1
10. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu	44,0	21,1	—	—	5,2	8,8
11. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu	40,7	17,9	—	—	3,3	7,4
12. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn	38,7	15,8	—	—	4,1	7,5
13. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn	43,7	20,9	—	—	4,9	8,7
14. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn	42,3	19,4	—	—	4,9	8,1
15. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn+Эпин	39,9	17,1	—	—	5,3	8,1
НСР ₀₅	1,34					

Учёт урожая производился сплошным поделночным способом (зерноуборочный комбайн «Сампо – 500»). Данные урожайности пересчитывались на 14 %-ную влажность.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков, что во многом отразилось на величине урожая и показателях его качества, но при этом повысило достоверность полученных результатов.

Средний показатель ГТК вегетационного периода по методике Т. Г. Селянинова [6] в 2009 году составил 1,8, в 2010 году – 1,3 и в 2011 году – 1,6.

Применение минеральных удобрений оказывало существенное влияние на урожайность зерна проса (табл. 1). Так прибавка урожая от применения азотных удобрений в среднем за три года составила 3,1–10,9 ц/га, при этом наибольшее её значение (10,9 ц/га) было отмечено в варианте, где на фоне P₆₀K₉₀ разово под предпосевную культивацию применялась доза азота 90 кг/га.

В результате наиболее оптимальным уровнем минерального питания в данных почвенно-климатических условиях был определен N₉₀P₆₀K₉₀, применение которого позволило получить самую высокую прибавку урожая по отношению к контролю – 15,9 ц/га при общей урожайности 38,8 ц/га и окупаемости 1 кг NPK кг зерна 6,6.

Как показали наши исследования, инкрустация семян проса на фоне внесения различных уровней минерального питания также оказывала значительное влияние на урожайность этой культуры, при этом дополнительная прибавка урожая от применения данного приема составила 3,1–5,3 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK кг зерна выросла до 7,1–8,8.

Среди вариантов, где для обработки семян применялись хелатные формы микроэлементов, наибольшая прибавка зерна проса (5,2 ц/га) была получена от использования меди на фоне N₉₀P₆₀K₉₀. В этом варианте в целом по опыту была отмечена лучшая продуктивность зерна проса, которая составила 44,0 ц/га. При этом применение меди при инкрустации семян способствовало повышению при-

бавки зерна к контролю на вышеуказанном фоне с 15,9 до 21,1 ц/га и окупаемости 1 кг NPK кг зерна с 6,6 до 8,8.

Применение при обработке семян регулятора роста Эпин совместно с медью и цинком на фоне минерального питания $N_{60}P_{60}K_{90}$ позволило довести прибавку урожая от данного агроприема до уровня 5,3 ц/га, при общей урожайности 39,9 ц/га и прибавке к контролю 17,1 ц/га.

Обработка семян проса бактериальным препаратом Ризобактерин в среднем за три года исследований достоверного влияния на урожайность зерна проса не оказала.

Анализ структуры урожая проса показал, что уровень минерального питания оказывает влияние на урожайность зерна посредством изменения величины структурных её показателей (табл. 2). Говоря об азотном питании, следует отметить, что от него во многом зависели биометрические показатели метелки проса. Применение азотных удобрений в дозах N_{45} , N_{60} и N_{90} позволило увеличить длину метелки по сравнению с вариантом без внесения азотных удобрений на 1,8–4,4 см, а количество зерен в метелке с 286,4 до 427,0 шт.

Повышение уровня азотного питания также повлияло на массу 1000 зерен и как следствие вес зерна с метелки. Так применение азотных удобрений способствовало повышению массы 1000 зерен по сравнению с вариантом без азота на 0,04–0,09 г и веса зерна с метелки – 0,38–0,92 г.

Таблица 2. Влияние макро- и микроудобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста на элементы структуры урожая проса (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант	Длина метелки, см	Количество зерен в метелке, шт	Масса 1000 зерен, г	Вес зерна с метелки, г
1. Без удобрений	20,7	231,0	6,31	1,46
2. $N_{14}P_{60}K_{90}$	22,9	286,4	6,33	1,82
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	24,7	345,5	6,37	2,20
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	26,0	373,7	6,40	2,39
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	27,3	427,0	6,42	2,74
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	27,0	409,1	6,40	2,61
7. $N_{14}P_{60}K_{90}$ +Ризобактерин	22,8	288,7	6,36	1,84
8. $N_{45}P_{60}K_{90}$ +Ризобактерин	24,8	344,8	6,34	2,18
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ +Cu	26,8	400,4	6,45	2,58
10. $N_{90}P_{60}K_{90}$ +Cu	29,1	473,8	6,52	3,09
11. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ +Cu	28,1	447,8	6,43	2,87
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ +Cu+Zn	27,4	422,7	6,46	2,73
13. $N_{90}P_{60}K_{90}$ +Cu+Zn	29,5	482,2	6,48	3,12
14. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ +Cu+Zn	28,5	466,7	6,39	2,98
15. $N_{60}P_{60}K_{90}$ +Cu+Zn+Эпин	27,8	433,7	6,44	2,79
НСР ₀₅	0,7	10,18	0,04	0,08

Между тем следует отметить, что дробное внесение дозы азота 90 кг/га (N_{60+30}) уступало разовому применению, как по биометрическим параметрам метелки, так и по весовым показателям.

Анализируя элементы структуры урожая, следует также отметить положительное влияние на её показатели применение инкрустации семян, особенно микроэлементами. Как показали наши исследования, наибольшая длина метелки и число зерен в метелке были отмечены в вариантах на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$, где примерялась медь в чистом виде и совместно с цинком, которые составили 29,1; 29,5 см и 473,8; 482,2 шт. соответственно. При этом длина метелки по сравнению с фоновым вариантом увеличилась на 1,8; 2,2 см, а число зерен на 46,8; 55,2 шт. соответственно.

Также благодаря тому, что в данных вариантах более активно протекали ростовые процессы, это способствовало лучшему наливу зерна. В результате масса 1000 зерен в варианте с применением меди составила 6,52 г (+ 0,1 г к фону и + 0,21 к контролю) и была самой высокой в опыте, а меди и цинка – 6,48 г (+ 0,06 г к фону и + 0,17 г к контролю).

Кроме того, в этих вариантах был получен наибольший вес зерна с метелки, который составил 3,09–3,12 г, что объясняет их более высокую урожайность в целом по опыту.

Совместное применение в инкрустационном составе меди и цинка с регулятором роста Эпин, на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$, главным образом оказывало влияние на озерненность метелки. Так количество зерен в данном варианте превысило фоновый вариант без применения обработки семян на 60 шт., а контрольный на 202,7 шт.

В результате проведенных исследований было установлено, что инкрустация семян проса микроэлементами и регуляторами роста способствовала повышению урожайности его зерна, а также элементов структуры урожая.

Наиболее оптимальным уровнем минерального питания проса для данных почвенно-климатических условий, был определен $N_{90}P_{60}K_{90}$ с однократным применением азота под предпосев-

ную культивацию и инкрустацией семян медью, который способен обеспечить урожайность зерна этой культуры на уровне 44 ц/га и окупаемость 1 кг NPK 8,8 кг зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки : БГСХА, 2016. – 383 с.
2. Система применения удобрений : учебник / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 440 с.
3. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
4. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения новых форм микроудобрений и регуляторов роста в звене севооборота / О. И. Мишура, И. В. Глатанкова // Земледелие и защита растений. – 2013. – №1(86). – С. 24–27.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В. Г. Гусаков и [др.]. – Минск: Беларус. наука, 2012. – 460 с.
6. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.

УДК 633.63; 631.82

САХАРИСТОСТЬ, СБОР САХАРА И УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ В ЦЧР

П. А. КОСЯКИН, канд. с.-х. наук, науч. сотр.,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А. Л. Мазлумова»,
г. Воронеж, Россия

Для полноценного питания растений сахарной свёклы необходимы не только основные элементы, но и микроэлементы (бор, медь, железо и т. д.). Многочисленными исследованиями установлено, что сахарная свёкла вместе с урожаем выносит большое количество питательных веществ, что говорит о важнейшей роли всех элементов питания в её жизнедеятельности [1, 2, 3, 4].

Микроэлементы способствуют нормальному течению физиологических процессов, улучшают обмен веществ в растениях, повышают интенсивность фотосинтеза, положительно влияют на урожай и качество сельскохозяйственной продукции.

Особенность полихелатных микроудобрений в том, что микроэлементы усваиваются растениями полностью, так как хелатная форма препарата позволяет удерживать их до полного поглощения растениями.

При проведении внекорневых подкормок по вегетирующим растениям, хелатные микроудобрения попадая на поверхность листа, проникают в его ткани и включаются в биохимические реакции обмена происходящего в них. Это значительно увеличивает коэффициент использования микроэлементов. Причиной популярности хелатных микроудобрений является высокая эффективность и рентабельность применения микроэлементов. Поэтому изучение применения микроудобрений является, несомненно, актуальным вопросом.

Исследования проводились в 2016–2018 годах в лаборатории агрохимии и агротехники возделывания культур в севообороте. В качестве основного минерального удобрения использовалась азофоска (16:16:16), которая вносилась под сахарную свёклу перед основной обработкой почвы в звене севооборота чёрный пар-озимая пшеница-сахарная свёкла. Навоз вносился в паровое поле. Методом расщепленных делянок были заложены варианты с микроудобрениями в хелатной форме. В качестве внекорневой подкормки использовали «Полихелат-свекла» – хелатное микроудобрение с комплексом биостимуляторов и иммуномодуляторов производства ООО «НПП «ЗИПо» – ТМ «МинСемЛаб», содержащее в своём составе бор, медь, марганец, магний, железо, цинк, кобальт, азот, а также янтарную, яблочную, аспарагиновую, щавелевую, винную, лимонную, виноградную и другие кислоты. Данные микроудобрения не имеют аналогов, нетоксичны, экологически безопасны.

Раствор микроудобрений вносился бытовым пневматическим опрыскивателем емкостью 6 литров. Подкормка проводилась 2 раза с интервалом 2 недели рано утром, избегая яркого солнца, дождя и сильного ветра.

Повторность опыта трёхкратная, площадь опытной делянки – 21,9 м², учётной – 10,8 м² (опрыскивалось 6 рядков по 8,1 метра). Размещение вариантов систематическое. В опыте использовался гибрид РМС 120. Агротехника возделывания сахарной свёклы - общепринятая для ЦЧР, кроме изучаемого фактора.

В течение вегетационного периода сахарной свёклы в опыте с внекорневым внесением микроудобрения в хелатной форме были проведены наблюдения и анализы согласно общепринятым методикам и ГОСТам. Сахаристость и технологические качества корнеплодов (содержание калия, натрия,

α -аминного азота) определяли с использованием автоматизированного комплекса Betalyzer, содержание углекислой золы и редуцирующих веществ – по П.М. Силину (1962 г.), густоту стояния растений – расчётным методом, урожайность корнеплодов и ботвы – методом учётных площадок.

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений);
2. $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза (без подкормки);
3. $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза + подкормка полихелатом (I внесение) в дозе 1 л/га + подкормка полихелатом (II внесение) в дозе 1 л/га + Бор-Актив в дозе 1 л/га (во II внесение);
4. $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза + подкормка полихелатом (I внесение) в дозе 2 л/га + подкормка полихелатом (II внесение) в дозе 2 л/га + Бор-Актив в дозе 2 л/га (во II внесение);
5. $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза (без подкормки);
6. $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза + подкормка полихелатом (I внесение) в дозе 1 л/га + подкормка полихелатом (II внесение) в дозе 1 л/га + Бор-Актив в дозе 1 л/га (во II внесение);
7. $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза + подкормка полихелатом (I внесение) в дозе 2 л/га + подкормка полихелатом (II внесение) в дозе 2 л/га + Бор-Актив в дозе 2 л/га (во II внесение).

Требования, предъявляемые промышленностью к свекле, как сырью для производства сахара, говорят о том, что сахарная свекла должна иметь максимально возможное содержание сахара в корнеплодах и высокую продуктивность по сбору сахара с гектара.

Исследованиями было установлено, что сахаристость корнеплодов составляла 16,1–17,4 %. Наименьшей она была в контрольном варианте, наибольшей – в варианте № 3 (рис.), т. е. в сравнении с контролем в этом варианте наблюдается увеличение сахаристости на 1,3 абс. процента.

Сбор сахара варьировал от 5,15 т/га в контрольном варианте, до 7,65 т/га – в варианте № 7. В варианте № 3 сбор сахара составил 7,19 т/га, что немного меньше, чем в варианте № 7, но прибавка в 0,46 т не покрывает разницы в стоимости удобрений при внесении $N_{45}P_{45}K_{45}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$. Поэтому вариант № 3 выглядит предпочтительней.

Урожайность сахарной свёклы была минимальной в контроле 32,0 т/га, максимальной – в варианте $N_{90}P_{90}K_{90} +$ полихелат 1 л/га + Бор-Актив – 45,0 т/га, что на 40,6 % выше, чем в контроле, и на 11,1–25,6 % выше, чем на фонах основной удобренности.

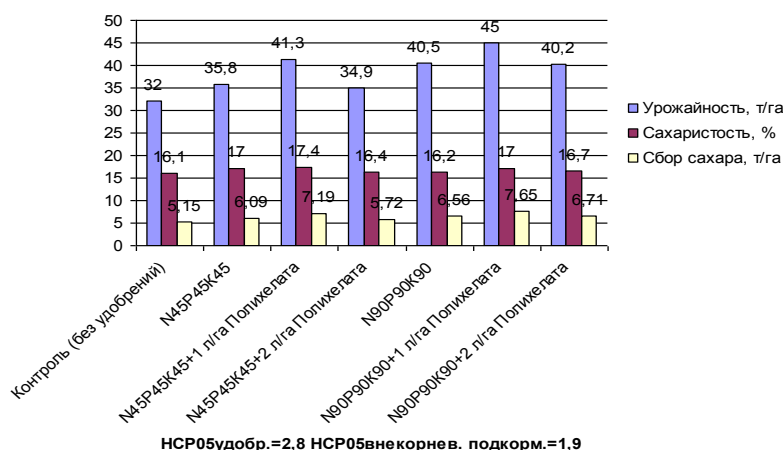


Рис. Сахаристость, сбор сахара и урожайность сахарной свёклы

Таким образом, рекомендуется применять полихелаты в дозе 1 л/га при любых нормах внесения минеральных удобрений. При изученных фонах минерального питания обеспечивается сопоставимый сбор очищенного сахара с 1 га. Внесение минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{45}K_{45}$ большее влияние на сбор сахара оказывает технологическое качество, в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ – урожайность корнеплодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анспок, П. И. Микроудобрения: Справочник / П. И. Анспок. – Ленинград: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
2. Косякин, П. А. Влияние применения микроудобрений в хелатной форме на урожайность сахарной свёклы на различных фонах основной удобренности в зерносвекловичном севообороте / П. А. Косякин, О. А. Минакова, Л. В. Александрова // Аграрная наука – сельскому хозяйству: матер. XII международной научно-практической конференции. – Барнаул, 2017. – С. 153–155.
3. Скорочкин, Ю. П. Сахарная свёкла и севооборот // Сахарная свёкла. – 2008. – № 9. – С. 21–22.
4. Шаповалов, Н. К. Формирование урожая сахарной свёклы при различных способах подготовки почвы / Н. К. Шаповалов, Д. М. Иевлев, В. Г. Бабич, Р. И. Шестакова // Сахарная свёкла. – 1996. – № 8. – С. 16–20.

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ, ЗВЕНЬЕВ СЕВООБОРОТА НА ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

А. В. КУРЫНДИН, канд. с.-х. наук, старш. науч. сотр.,
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова,
п. ВНИИСС Рамонского района, Воронежской области, Россия

Одними из важнейших показателей для формирования высоких урожаев современных гибридов сахарной свеклы в интенсивной технологии ее возделывания являются полевая всхожесть семян, определяющая густоту стояния и последующую равномерность распределения растений. Совокупное влияние этих факторов по некоторым данным доходит до 16–18 % в реализации потенциала их урожайности [1]. Немаловажное значение в накоплении сахароносной массы корнеплодов имеет и площадь фотосинтетической поверхности листьев в разные периоды вегетации [2].

Полевая всхожесть семян и, как ее следствие, густота и размещение растений сахарной свеклы в значительной степени зависят от применяемых агроприемов, к которым в первую очередь относят системы основной обработки почвы и удобрений в различных типах плодосменных севооборотов и которые являются базовыми элементами интенсивной технологии ее возделывания. Немаловажное значение имеют качество предпосевной обработки и особенности сортовых направлений семян современных гибридов [3].

Цель работы – изучить влияние систем основной обработки почвы и удобрений на основные показатели роста и развития и продуктивность современных гибридов сахарной свеклы на черноземе выщелоченном в различных звеньях севооборота в условиях лесостепи Центрально-Черноземной зоны.

Почва – слабовыщелоченный чернозем, гумуса в пахотном горизонте (0–30 см) – 4,89–5,75 %. Реакция почвенного раствора – кислая и слабокислая, с содержанием рН солевой вытяжки – 4,5–5,4, водной – 6,2–6,9, сумма поглощенных оснований равна 27,7–31,9 мг-экв. на 100 г почвы.

Посев сахарной свеклы проведен семенами гибридов (F1) РМС 120 N-типа (ВНИИСС), Неро NE-типа (Сингента), Мишель NZ-типа (Лайон Сидс).

В 2017 году изучалось влияние систем обработки почвы и звена севооборота на продуктивность гибридов сахарной свеклы различных направлений на фоне минерального питания $N_{59} P_{59} K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади и без удобрений.

Варианты обработки почвы: **А** – глубокая вспашка под все культуры севооборота; **Б** – глубокая отвальная обработка в севообороте, на глубину 20–22 см; **Г** – безотвальная (плоскорезная) обработка под все культуры севооборота; под сахарную свеклу на глубину 30–32 см по схеме улучшенной зяби. **Д** – комбинированная (отвально-безотвальная) обработка: вспашка на глубину 25–27 см под кукурузу и черный пар; плоскорезная обработка на глубину 20–22 см под озимую пшеницу по клеверу, ячмень, однолетние травы; под сахарную свеклу – отвальная улучшенная зябь на глубину 30–32 см.

Севооборот 9-польный: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень+клевер – клевер – озимая пшеница – сахарная свекла – горох+овес (многолетние травы) – кукуруза.

Методика работы – экспериментальные исследования с применением методики полевого опыта и математико-статистической обработки опытных данных (Доспехов, 1979).

Рост и развитие проростков во многом определяется как внешними условиями, гранулометрическим, структурным состоянием почвы, наличием доступной влаги, так и агротехникой возделывания сахарной свеклы. Ранние и дружные всходы позволяют увеличить вегетационный период, полнее использовать потенциал растений.

В полевых опытах в текущем году на состояние растений оказывали влияние следующие факторы: системы основной обработки почвы, удобренность почвенного фона, размещение их и в севообороте и сортовые отличия исследуемых гибридов (табл. 1).

Полевая всхожесть исследуемых гибридов по вариантам полевого опыта варьировала в звене с паром от 58,8 до 71,1 %, в звене с клевером – от 52,2 до 75,6 % на удобренном фоне и от 54,4 до 67,8 % и от 52,2 до 71,1 % в этих же звеньях на неудобренном фоне соответственно.

Усредняя данные по факторам установили, что системы основной обработки оказали самое значительное влияние на вариативность полевой всхожести (от 3,0 в паровом звене до 16,2 % в клеверном), системы удобрений менее значительное (разница 0,8–7,3 %). Разница в полевой всхожести в звеньях севооборота еще менее существенна – 0,3–2,4 %.

Таблица 1. Полевая всхожесть семян и густота в фазу 1 пары настоящих листьев

Звено севооборота	Способ обработки	Полевая всхожесть, %			Густота, тыс.шт/га		
		РМС 120	Неро	Мишель	РМС 120	Неро	Мишель
После озимой пшеницы по паре	Без удобрений						
	А	61,1	67,8	66,7	121,0	134,2	132,0
	Б	59,8	66,1	67,1	117,6	133,8	133,7
	Г	62,2	66,7	66,1	123,2	132,0	130,1
	Д	54,4	65,6	66,7	107,8	129,8	132,0
	Удобрённый фон						
	А	58,8	63,3	71,1	116,6	125,4	140,8
	Б	58,3	63,4	70,8	115,1	126,2	139,3
После озимой пшеницы по клеверу	Г	65,6	64,6	70,0	129,8	127,3	138,6
	Д	72,0	65,6	67,8	143,0	129,8	134,2
	Без удобрений						
	А	56,6	70,0	71,1	112,2	138,6	140,8
	Б	54,5	68,7	68,6	108,5	136,1	134,7
	Г	52,2	70,3	66,7	103,4	138,6	132,0
	Д	53,3	60,0	65,6	105,6	118,8	129,8
	Удобрённый фон						
	А	72,0	72,0	75,6	143,0	143,0	149,6
	Б	63,2	66,7	61,4	125,9	132,0	123,2
	Г	58,8	61,1	52,2	116,6	121,0	103,4
	Д	52,6	54,4	64,4	103,9	107,8	127,6

В сравнении с ранее полученными данными (2015–16 гг.), наиболее сильное влияние на полевую всхожесть семян оказывали системы обработки почвы и сортовые особенности гибридов в среднем до 9,7 и 9,6 %, соответственно. Влияние системы удобрений и звеньев севооборота менее существенно – от 6,2 до 3,5 %, соответственно.

Равномерность распределения растений по длине рядка оценивали по коэффициенту вариации интервалов, который при превышении значения более 50 % приводит к снижению продуктивности [4]. Ни системы основной обработки почвы, ни системы удобрений, ни сортовые отличия высеваемых гибридов в паровом и клеверном звене севооборота не оказали существенного влияния на этот показатель, который составил от 37,6 до 49,6 % по всем вариантам опыта. Не наблюдалось существенного различия по коэффициенту вариации равномерности распределения всходов по изучаемым факторам и в предшествующие годы исследований.

Важное значение для фотосинтетической характеристики растений занимает площадь поверхности листа. Так, определено, что листовая поверхность одного растения при первом учёте (28.07) составила 0,21–0,34 м² в паровом звене севооборота и 0,17–0,30 м² в клеверном (табл. 2). Снижение площади поверхности листьев наблюдалось в клеверном звене относительно парового и составило для всех гибридов 8,4 % в среднем.

По вариантам опыта в системах обработки прослеживалась тенденция снижения площади поверхности листьев в паровом звене севооборота в следующей последовательности: вспашка глубокая – комбинированная обработка – вспашка мелкая – плоскорезная обработка. Так, для гибрида Мишель, это снижение составило 14,7 %, для РМС 120 – 31,3 % и для Неро – 32,4 %. В звене с клевером, какой-либо закономерности влияния систем обработки на площадь поверхности листьев не наблюдалось.

Таблица 2. Формирование ассимиляционной поверхности листьев сахарной свёклы

Гибрид	Система обработки	Листовая поверхность одного растения, м ²							
		28.07.2017				27.08.2017			
		паровое звено		клеверное звено		паровое звено		клеверное звено	
РМС 120	А	б/уд	НPK	б/уд	НPK	б/уд	НPK	б/уд	НPK
	Б	0,25	0,34	0,16	0,36	0,29	0,39	0,26	0,35
	Г	0,26	0,29	0,21	0,28	0,20	0,31	0,21	0,30
	Д	0,27	0,29	0,24	0,29	0,21	0,30	0,24	0,30
Неро	А	0,28	0,31	0,28	0,32	0,28	0,34	0,28	0,31
	Б	0,32	0,35	0,27	0,34	0,27	0,33	0,27	0,31
	Г	0,24	0,24	0,26	0,27	0,26	0,32	0,26	0,32
	Д	0,29	0,31	0,27	0,30	0,27	0,30	0,27	0,17
Мишель	А	0,30	0,33	0,26	0,35	0,26	0,32	0,26	0,29
	Б	0,17	0,31	0,13	0,31	0,13	0,30	0,13	0,29
	Г	0,23	0,24	0,21	0,24	0,21	0,25	0,21	0,28
	Д	0,23	0,23	0,20	0,23	0,20	0,22	0,20	0,26
		0,30	0,21	0,22	0,21	0,22	0,26	0,22	0,30

К учёту в конце августа поверхность листьев значительно сократилась ввиду отмирания листьев при неблагоприятных условиях произрастания. Учёт, прошедший через месяц (27.08), показал, что

наибольшая листовая поверхность одного растения – 0,19–0,29 м² была у исследуемых гибридов при отвальной обработке почвы в паровом звене севооборота. В звене севооборота с клевером у гибрида РМС 120 этот показатель составил 0,27 м² в варианте с глубокой вспашкой и 0,22–0,28 м² у гибридов Мишель и Неро при комбинированной обработке почвы.

В сравнении с ранее полученными данными (2015–16 гг.), наиболее сильное влияние на полевую всхожесть семян оказали системы обработки почвы и сортовые особенности гибридов в среднем до 9,7 и 9, %, соответственно. Влияние системы удобрений и звеньев севооборота менее существенно – от 6,2 до 3,5 %, соответственно.

Установлено, что гибрид РМС 120 в меньшей степени подвержен влиянию корнееда, особенно на вариантах с плоскорезной обработкой и без удобрений (разница за 3 года исследований доходила до 19,8 %)

Прослеживалась тенденция снижения площади поверхности листьев в паровом и звене с клевером в следующей последовательности: вспашка глубокая – комбинированная обработка – вспашка мелкая – плоскорезная обработка, в среднем от 10,3 до 14,7 %. Влияние удобрений на этот показатель более существенно и достигает 31,3 % между гибридами. Отличия в сортовых особенностях проявились только в вариантах с применением удобрений (до 16,7 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Воронежской области /под общ. ред. А.В. Гордеева. – Воронеж: Кварта, 2013. – 446 с.
2. Бондаренко, М. В. Комплексное влияние севооборотов, удобрений и приёмов обработки на показатели плодородия чернозёма типичного и урожайность основных сельскохозяйственных культур / М. В. Бондаренко // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. – БГСХА. – Белгород. – 2005. – 22 с.
3. Боронтов, О. К. Изменение агрофизических и агрохимических свойств выщелоченного чернозема в посевах сахарной свеклы при основной обработке и внесении удобрений в зерносвекловичном севообороте ЦЧЗ / О. К. Боронтов // Автореферат на соискание ученой степени доктора с.-х. наук, ВГАУ, 2005. – 41 с.
4. Кураков, В. И. Влияние длительного применения удобрений на гумусное состояние и баланс азота в выщелоченном чернозёме лесостепи ЦЧП / В. И. Кураков, О. А. Минакова, Л. В. Тамбовцева // Научные и практические основы сохранения плодородия земель сельскохозяйственного назначения в адаптивно-ландшафтном земледелии. – Материалы международной научно-практической конференции. – Белгород. – Крестьянское дело. – 2004. – С. 151–154.

УДК 631.84

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ ЖИДКОГО АММИАКА

Д. Г. КРОТОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
Г. В. ЧЕКИН, канд. с.-х. наук, доцент,
ФГБОУ ВО Брянский государственный аграрный университет,
Брянская обл, Выгоничский р-н, с. Кокино, Россия

По действию на урожайность сельскохозяйственных культур жидкие азотные удобрения, в т. ч. и аммиак, в основном равноценны твердым удобрениям [1], однако более высокое содержание действующего вещества позволяет существенно повысить экономическую эффективность их применения, за счет сокращения производственных затрат.

Исследования в полевых опытах с жидким аммиаком выявили неблагоприятные факторы, снижающие эффективность применения этого удобрения – высокие потери азота и отрицательное воздействие на всхожесть семян сельскохозяйственных культур из-за высокой концентрации аммиака в почве [2, 3]. По данным Д. А. Коренькова [4], внесение аммиака водного в середину междурядья в дозе N₈₀ одновременно с посевом кукурузы дало 10 % прибавки зеленой массы по сравнению с аммиачной селитрой, однако набор культур, на которых можно применять эти формы удобрений, ограничен.

Проблема токсичности жидкого аммиака для семян решается внесением удобрения в качестве основного в осенний период. Однако при этом необходимо оценить потери азота для понимания эффективности данного элемента системы удобрений.

Обследование полей было проведено в ноябре 2017 г. и мае 2018 г. Отбор объединенных проб почвы проводили на рабочей площадке до внесения жидкого аммиака, спустя 6 дней после внесения и в мае следующего года, перед посевом.

На площадке отбирали 6 проб лопатой по глубинам: 0–20; 20–40 см. Отобрано 30 образцов почвы для определения содержания минерального азота. Привязку мест пробоотбора осуществляли с помощью GPS-приемника.

Жидкий аммиак вносили культиватором Case 4300, ширина захвата 8,5 м, 17 сошников, расстояние между сошниками 50 см. Глубина заделки 20 см.

Поверхность поля после внесения жидкого аммиака характеризуется бороздчатым микрорельефом. Высота гребня составляет 10 – 12 см. Гребни формируются в результате работы стрельчатых лап культиватора.

В отобранных образцах почв после пробоподготовки, были определены следующие показатели:

- содержание нитратного азота по ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом;

- содержание аммонийного азота по ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО.

Внесение минерального азота в почву в виде жидкого аммиака приводит к его увеличению в слое почвы 0–20 см. Увеличение содержания аммонийного и минерального азота также отмечается и на глубине 20–40 см (табл. 1).

Концентрация аммонийного азота значительно возрастает в слое 0–20 см по ходу движения сошника. Между сошниками (гребни) увеличение содержания аммонийного азота наблюдается в меньшей степени. Содержание минерального азота на двух полях в слое 0–40 см практически одинаково.

Таблица 1. Содержание минерального азота по слоям почвы (средние значения по слоям почвы, ноябрь)

Глубина отбора, см	Нитратный азот, мг/кг		Аммонийный азот, мг/кг		$\Sigma(N_{\text{мин}})$, мг/кг	Среднее содержание минерального азота, мг/кг	
	до внесения	после внесения	до внесения	после внесения		слой 0–20 см	слой 0–40 см
0–20	2,90	$\frac{0,89*}{0,92}$	1,67	$\frac{6,21}{125,39}$	$\frac{7,10}{126,32}$	66,71	35,56
20–40	7,67	$\frac{1,55}{1,20}$	0,75	$\frac{4,64}{1,58}$	$\frac{6,19}{2,79}$	4,44	

*Числитель – проба отобрана в гребне; знаменатель – проба отобрана между гребнями.

В агрохимической службе РФ отсутствуют общераспространённые шкалы обеспеченности пахотных почв нитратным и аммонийным азотом. В литературе имеется ряд работ [5–7], в которых обсуждается группировка почв по обеспеченности минеральным азотом. Используя предложенные шкалы можно сделать заключение, что после внесения жидкого аммиака обеспеченность почв минеральным азотом высокая.

По литературным данным, внесённый аммиак фиксируется в почве в виде овала диаметром от 5 до 13 см. С учётом расстояния между форсунками 50 см распределение аммиака в почве носит неравномерный характер.

При анализе проб, отобранных весной следующего года, были получены следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2. Содержание минерального азота по слоям почвы (средние значения по слоям почвы, май)

Глубина отбора, см	Нитратный азот, мг/кг	Аммонийный азот, мг/кг	$\Sigma(N_{\text{мин}})$, мг/кг	Среднее содержание минерального азота, мг/кг	
				слой 0–20 см	слой 0–40 см
0–20	$\frac{6,50*}{8,50}$	$\frac{3,38}{77,60}$	$\frac{9,88}{86,10}$	47,99	27,25
20–40	$\frac{4,30}{5,20}$	$\frac{1,65}{1,87}$	$\frac{5,95}{7,07}$	6,51	

*Числитель – проба отобрана в гребне; знаменатель – проба отобрана между гребнями.

Произошло уменьшение содержания обменного аммония и кратное увеличение содержания нитратного азота. При этом общее содержание азота в слое 0–40 см уменьшилось. Это объясняется процессами трансформации иона аммония в почве. В целом, к посеву сельскохозяйственных культур, обеспеченность почвы азотом осталась на уровне «высокая».

Таким образом, внесение жидкого аммиака «под зиму» позволяет насытить почву к посеву сельскохозяйственных культур минеральным азотом. При этом семена не будут испытывать токсического воздействия аммиака. Потери азота за осеннее–зимний период являются существенными, однако это не сказалось на обеспеченности почвы минеральным азотом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кореньков, Д. А. Агрохимия азотных удобрений. – М.: Наука, 1976. – 224 с.

2. Завалин А. А. Преимущества и проблемы применения жидких азотных удобрений в земледелии / Завалин А. А., Ефремов Е. Н., Алферов А. А., Самойлов Л. Н., Чернова Л. С., Благовещенская Г. Г. // Агрохимия. – 2014. – № 5. – С. 20–26.
3. Мирошниченко, Н. Н. // Сравнительная эффективность безводного аммиака и аммиачной селитры в звене полевого севооборота / Н. Н. Мирошниченко, А. В. Ревтьев, Е.Ю. Гладких, Е.В. Панасенко // Почвоведение и агрохимия – 2015. – № 1(54). – С. 150–160.
4. Кореньков, Д. А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. – М.: Агропрогресс, 1999. – 296 с.
5. Гамзиков, Г. П. Принципы почвенной диагностики азотного питания полевых культур и применения азотных удобрений / Совершенствование методов почвенно-растительной диагностики азотного питания растений и технологий применения удобрений на их основе. – М.: ВНИПТИХИМ, 2000. – С. 33–55.
6. Гамзиков, Г. П. Прогноз обеспеченности почв азотом и потребности полевых культур в азотных удобрениях // Инновации и продовольственная безопасность – 2015. – №3. С. 11–20.
7. Гамзиков Г. П. Почвенная диагностика азотного питания растений и применения азотных удобрений в севооборотах // Плодородие. – 2018. – № 1. – С. 8–14.

УДК 633.15:631.87

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС

В. А. КРЫЛОВ, аспирант,
РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,
г. Москва, Россия

Внесение удобрений является одним из важных агротехнических приемов повышения продуктивности и сохранения компонентов агроэкосистем [1–3]. Однако, в последнее время экономические и экологические факторы производства диктуют необходимость поиска новых видов удобрений, которые будут адаптированы к различным почвенно-климатическим условиям и повышать коэффициент использования элементов питания из удобрений.

Обеспечение питания сельскохозяйственных культур особенно на низкоплодородных и рассбалансированных почвах требует построения особой системы удобрений. Для максимальной реализации генетического потенциала растений, современная система удобрений, помимо минерального компонента должна сочетать в себе одновременно органическую или биологическую составляющую. Ряд работ доказано, что использование агрономически ценных микроорганизмов в комплексе с минеральными удобрениями способствуют качественному использованию элементов питания как из самих удобрений, так из почвы, улучшают свойства почвы и активируют биохимический цикл в системе растения-почва-микроорганизмы [4–5]. В добавок ко всему некоторые виды бактерий способны синтезировать антибиотики, которые подавляют развитие фитопатогенных грибов и бактерий.

Материал и методика проведения исследований. Исследования проводились в 2018 г. на базе ЗАО Зеленоградское, Московская обл., Пушкинский р-н. Закладка опыта осуществлялась в производственных условиях, площадь участка 25 га. Почва опытного участка дерново-подзолистая окультуренная на моренном суглинке, перед закладкой имела следующие агрохимические характеристики: содержание гумуса по Тюрину – 2,1 %, содержание подвижного P_2O_5 – 281 мг/кг (Кирсанов), K_2O – 156 мг/кг (Кирсанов), $pH_{(KCl)}$ – 5,7. В качестве объекта исследования выступает инокулянт минеральных удобрений на основе агрономически ценных микроорганизмов (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas*, *Bacillus subtilis*). Инокуляция удобрений проводилась методом – опудривания. Норма расхода: 1 кг инокулянта на 1 т удобрений. Схема опыта имеет следующий вид:

1. Эталон (при посеве – азофоска 200 кг/га, подкормка – аммиачная селитра 100 кг/га);
2. Опыт (при посеве – азофоска 200 кг/га + инокулянт, подкормка – аммиачная селитра 100 кг/га + инокулянт).

Все агротехнические приемы по возделыванию кукурузы на силос были типичны для данного региона. Эмиссию CO_2 из почвы определили с помощью портативного газоанализатора СЭПП – 1 (скан эффективности плодородия почв). Учет структуры и биологической урожайности проводился по общепринятым рекомендациям в растениеводстве.

Результаты исследования и их обсуждения. Включение инокулянта в хозяйственную схему применения удобрений положительно повлияло на изменения в структуре урожая кукурузы на силос. Густота стояния растений отмечается выше в опытном варианте, что составляет 76,5 тыс./га, в то время как в эталонном варианте густота стояния растений была на 12,7 тыс./га меньше. Также количественные и качественные показатели початков кукурузы на силос в варианте с использованием инокулянта, превалируют над показателями хозяйственного варианта. Измерение биологической урожайности, проводимое, 06.09.18 показало, что варианте с биомодифицированными удобрениями урожайность составила 56,6 т/га, а варианте без модификации была ниже на 37,7 %.

Таблица 1. Влияние различных систем удобрений на структуру урожая кукурузы на силос

Вариант	Биологическая урожайность, т/га	Густота стояния растений, тыс./га	Кол-во початков шт./м ²	Масса початков кг/м ²
Эталон	41,1	63,8	6,7	1,3
Опыт	56,6	76,5	10,6	1,6
НСР ₀₅	5,1			

Биологическая активность почвы является ведущим фактором в трансформации веществ почвы и элементов минерального питания для растений. Поэтому эффективность минерального питания растений тесно коррелируется с такими биологическими показателями как ферментативная активность почвы, эмиссия CO₂ (дыхание почвы), количественный и качественный состав микробного сообщества почвы.

Таблица 2. Эмиссия CO₂ из почвы в зависимости от схем применения удобрений, мг CO₂/10г/ч

Вариант	Дата измерения		
	17.07	14.08	06.09
Эталон	236,1	272,7	369,9
Опыт	362,3	393,5	409,9

Измерение эмиссии CO₂ из почвы проведенное на период 6–8 листа (17.07) показало, что в варианте без модификации удобрений выделение диоксида углерода составило 236,1 мгCO₂/10г/ч или на 53 % ниже результатов, полученных в опытном варианте. В фазе развития молочно-восковой спелости зерна кукурузы (14.08) эмиссия CO₂ отмечается выше в варианте с инокулянт минеральных удобрений – 393,5 мгCO₂/10г/ч. Измерение, проводимое 06.09 показало увеличение эмиссии выше в опытном варианте на 60 мгCO₂/10г/ч, по сравнению с хозяйственным вариантом. Если говорить в целом за период трех измерений разница между двумя вариантами по выделению углекислого газа из почвы составила 33 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев. – М.: Издательство МГУ, Наука, 2006. – 752 с.
2. Агроэкология / В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А.В. Голубев и др. под ред. В. А. Черникова, А. И. Черекеса. – М.: Колос, 2000 – 536 с.
3. Chien, S. H., Prochnow L. I., and Cantarella H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. In: D. L. Sparks, editor, *Advances in Agronomy*. Elsevier Inc., New York, NY. 2009. p. 267–322
4. Применение биомодифицированных минеральных удобрений: [моногр.] / В. К. Чеботарь, А. А. Завалин, А. Г. Ариткин. – М.: ВНИИА; Ульяновск: УлГУ, 2014. – 142 с.
5. Яхтанигова Ж. М., Занилов А. Х. «Влияние минеральных, органических и микробиологических удобрений на агрохимические показатели почвы и развитие растений. Журнал «Научное обозрение» – №6. – 2015. – С. 14–19.

УДК 631.8(631.4.454)

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОУДОБРЕНИЙ НА ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Р. Ш. КУЗДАНОВА, докторант,
АО «Казахский агротехнический университет,
им. С. Сейфуллина», Астана, Казахстан

В работе представлены результаты исследований 2015–2017 гг., проведенных на темно-каштановых тяжелосуглинистых почвах Центрального Казахстана по изучению влияния экологически безопасных биологических удобрений на продуктивность и качество картофеля сорта Тамаша, показавшие целесообразность их применения.

Одним из важнейших приемов биологического земледелия является применение биологических удобрений, содержащих ценные питательные вещества, способствующие улучшению процессов роста и развития и формированию урожая культур.

Картофель – важнейшая сельскохозяйственная культура разностороннего использования. В мировом земледелии он занимает одно из первых мест наряду с рисом, пшеницей и кукурузой. [1]. Во многих странах картофель стал вторым после хлеба продуктом питания благодаря хорошим вкусовым качествам, высокому содержанию в его клубнях минеральных соединений и ценных витаминов, важных для организма человека. Клубни картофеля обладают высокими вкусовыми качествами, диетическими и лечебными свойствами.

В Казахстане изучению картофеля посвящено немало работ [2–7 и др.], в которых основное внимание уделялось вопросам биологии, селекции и технологии возделывания культуры. Вместе с тем вопросы питания и удобрения картофеля, влияние биоудобрений на продуктивность и качество в условиях Центрального Казахстана не изучены, что и явилось предметом исследований.

Исследования проводились на темно-каштановых карбонатных тяжелосуглинистых почвах центрального Казахстана с содержанием гумуса 2,73–2,79 %, валового азота 0,147–0,172 %, фосфора 0,20–0,25 %, высокой обеспеченностью подвижным фосфором и калием и низким содержанием азота.

Размер делянок – 20,0 м², повторность трехкратная, сорт тамаша.

Перед посадкой семена картофеля, а также в фазы роста и развития растений (бутонизация и цветение) надземная масса растений были обработаны биоудобрениями «гумат суфлер» (норма расхода удобрения 0,25–0,3 л/га), «биостим универсал» (0,5–2 л/га), «интермаг профи картофель» (1,0–2,0 л/га), норма посадки 3,5 т/га.

Весной до посадки со всех вариантов опыта отбирались почвенные образцы на глубину 0–20, 20–40 см, а на контрольном варианте до 1 м через каждые 20 см, для определения влаги и элементов питания общепринятыми в агрохимии методами.

Погодные условия в годы исследований в условиях тоо «книирс» складывались по-разному как по теплу, так и влагообеспеченности, но были достаточно типичными для климата центрального Казахстана.

Сложившийся гидротермический режим повлиял на почвенные процессы и условия минерального питания сортов картофеля. Содержание элементов питания в почве в годы исследований было различным (табл. 1).

В 2015, 2017 годах содержание азота нитратов в почве в слое 0–40 см было на уровне низкой обеспеченности: 7,6–8,8 мг/кг, а в 2016 году – 19,3 мг/кг [8]. На этом же уровне отмечалось его содержание в слое 40–60 см и глубже до одного метра, что свидетельствует о высокой миграции азота нитратов за пределы корнеобитаемого слоя.

Таблица 1. Содержание элементов питания в почве перед посадкой картофеля, мг/кг почвы

Слой почвы, см	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	N–NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N–NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N–NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
0–20	9,8	86,0	845	20,4	82,4	951	7,8	72,2	851
20–40	7,8	53,2	545	18,2	56,0	730	7,3	69,8	732
0–40	8,8	69,6	695	19,3	69,2	840	7,6	71,0	791
40–60	9,0	41,6	510	22,2	36,4	590	3,4	38,1	490
60–80	8,4	18,8	258	18,2	14,8	269	3,2	16,6	267
80–100	7,8	8,4	240	17,8	15,2	280	2,8	6,8	238

Содержание подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях было очень высоким (72–86 мг/кг), что связано с внесением больших доз органических удобрений под картофель в предыдущие годы. По профилю почвы наблюдалось резкое снижение содержания фосфора. Содержание его в течение вегетации было относительно стабильным.

Содержание подвижного калия, также как и фосфора, было очень высоким (84–95 мг/100 г почвы). динамика его в процессе вегетации была слабо выражена.

Обработка надземной массы биоудобрениями по фазам картофеля улучшала условия минерального питания, усиливала ростовые процессы и обеспечила значительное накопление сухого вещества. Растения образовывали мощные стебли и листья – основной фотосинтетический аппарат, улучшалось формирование и развитие репродуктивных органов.

В зависимости от почвенных и метеоусловий года биоудобрения повышали продуктивность картофеля до 14 % к контролю, прибавка составляла от 2,2 до 5,5 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние биоудобрений на урожайность картофеля, т/га

Варианты	Урожай на «0» и прибавка к нему, т/га			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее за 3 года
Контроль	29,6	20,2	28,3	26,0
Гумат Суфлер	5,5	2,5	2,3	3,6
Биостим Универсал	4,5	2,2	3,6	3,5
Интермаг Профи	0,5	0,1	0,7	0,5
m, %	2,93	1,93	2,05	2,3
НСР ₀₅	2,75	0,75	1,78	1,8

Стоит отметить, что эффективность биоудобрений определяется не только специфическим составом самого удобрения, но и обеспеченностью картофеля элементами питания почвы.

Применение биологических удобрений по-разному влияло на качество клубней картофеля, табл. 3.

Таблица 3. Влияние биоудобрений на качество картофеля, %

Варианты	2015 г.			2016 г.			Среднее за 2 года		
	зола	клетчатка	крахмал	зола	клетчатка	крахмал	зола	клетчатка	крахмал
Контроль	1,02	0,88	15,60	0,85	0,83	15,69	0,94	0,86	15,65
Гумат Суфлер	1,04	0,98	17,80	0,66	0,83	16,02	0,85	0,91	16,91
Биостим Универсал	1,10	0,95	17,80	0,79	0,86	16,70	0,95	0,91	17,25
Интермаг Профи	1,09	0,92	15,88	0,86	0,83	18,15	0,98	0,88	17,02

Количество золы картофеля варьировало в среднем от 0,85 до 0,98 %. Содержание клетчатки от применения биоудобрений повышалось на 0,02–0,05 %. Биоудобрения также повышали крахмалистость картофеля на 1,26–1,60 %.

Исследования показали, что эффективность применения биологических удобрений под картофель зависит как от их состава, так и от условий минерального питания. На естественном фоне биоудобрения обеспечили повышение продуктивности картофеля в среднем за три года до 14 %. В целом исследования показали целесообразность применения биологических удобрений, которые обеспечивают получение высоких урожаев и экологически чистой продукции картофеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бачанов, Н. С. Картофель. – Москва, 1980. – 180 с.
2. Бабаев, С. А. Сроки посадки картофеля в горных условиях Алма-Атинской области // Научные основы возделывания картофеля в Казахстане. – Алма-Ата, 1980. – С. 161–165.
3. Нургалиев, А. Н. Урожайность картофеля в зависимости от сроков посадки в условиях Целиноградской области // Научные основы возделывания картофеля в Казахстане: Сб. тр. – Алма-Ата, 1980. – С. 91–96.
4. Красавин, В. Ф. Результативность селекционной работы по картофелю в Казахстане. – Алматы, 1996.
5. Лигай, Г. Л. Селекция картофеля на устойчивость к вирусным болезням в Казахстане // Вестник с.-х. науки Казахстана, 1999. – № 6. – С. 30–35.
6. Рахимжанов, М. К. Эффективность элементов технологии возделывания картофеля в сухой степи Северного Казахстана: Дис. на соискание канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2004.
7. Рекомендации по технологии возделывания картофеля в Северном Казахстане // под ред. К. К. Абдуллаева. – 2009. – 56 с.
8. Черненко, В. Г. Азотный режим почв Северного Казахстана и применение удобрений. – Акмола: ААУ им. С. Сейфуллина, 1997. – 91 с.

УДК: 631.452:631.8

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. В. ЛАПА, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

Состояние плодородия почв относится к числу наиболее важных факторов, определяющих продуктивность растениеводческой отрасли сельского хозяйства. Современное, высокоинтенсивное ведение сельского хозяйства возможно только на почвах с высоким уровнем плодородия. Уровень плодородия почв, динамика агрохимических показателей в значительной степени зависят от объемов применения органических и минеральных удобрений, формирование положительного или бездефицитного баланса гумуса и элементов питания. На почвах с высоким уровнем плодородия для получения планируемой урожайности сельскохозяйственных культур затраты минеральных удобрений всегда ниже, чем на почвах с низким показателями агрохимических свойств. Поэтому повышение эффективности использования удобрений относятся к числу важнейших государственных задач, стоящих перед почвенно-агрохимической наукой и аграрной отраслью. В системе рационального использования почв важное значение имеет постоянный мониторинг за состоянием плодородия почв, который является основой для разработки планов применения удобрений под сельскохозяйственные культуры и комплекса мероприятий по его сохранению и повышению.

Мониторинг агрохимических свойств почв Республики Беларусь проводится по данным крупномасштабного агрохимического обследования с 1965 года. С 1980 года информация о состоянии агрохимических свойств почв накапливается в банке данных агрохимических свойств почв Республики Беларусь, актуализируется в соответствии с очередными турами обследования, обобщается и издается.

ся в виде справочных пособий для всех руководящих органов и специалистов Агрохимической службы республики.

В структуре сельскохозяйственных земель в республике преобладают дерново-подзолистые почвы, которые по своей природе имеют кислую реакцию и низкую обеспеченность элементами питания.

Наиболее важным показателем качества земель является кадастровый балл плодородия. В среднем для пахотных почв он составляет 32, сенокосов и пастбищ улучшенных – 29 баллов.

Основными агрохимическими показателями, характеризующими состояние плодородия почв, являются степень кислотности почв и содержание в них гумуса и подвижных форм фосфора и калия. В настоящее время по итогам обобщения результатов 13 тура крупномасштабного агрохимического обследования почв средневзвешенный показатель кислотности (рН) составляет в среднем по республике на пахотных почвах 5,84 и за последние 4 года он уменьшился на 0,06 ед. Средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в пахотных почвах республики составляет соответственно 188 и 218 мг/кг почвы, гумуса – 2,25 %. Устойчивая положительная динамика агрохимических показателей плодородия почв прослеживается на протяжении последних 10 лет и обусловлена положительным балансом фосфора, калия и гумуса в пахотных почвах в результате применения минеральных и органических удобрений.

Система применения органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры должна обеспечивать расширенный возврат элементов питания в почвах с тем, чтобы компенсировать вынос их с отчуждаемым урожаем и обеспечивать постепенное повышение запасов гумуса, фосфора и калия в почвах. При этом на почвах с оптимальным содержанием фосфора и калия (200–300 мг/кг почвы) при расчете доз минеральных удобрений предусмотрена 100 % компенсация выноса этих элементов с планируемой урожайностью сельскохозяйственных культур, на почвах с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных значений – 120 % компенсация выноса, а на почвах с содержанием фосфора и калия выше оптимума – 50 % компенсация выноса.

Такая модель определения потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях реализована в компьютерной программе по разработке планов применения удобрений, которые ежегодно разрабатываются областными проектно-изыскательскими станциями по химизации сельского хозяйства для всех хозяйств республики.

Анализ применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры за период с 2011 по 2016 гг. показывает, что наиболее высокий уровень применения минеральных удобрений был отмечен в 2011 году и составил 313 кг/га д.в., в том числе 111 кг/га азотных, 60 – фосфорных и 142 кг/га калийных удобрений. В дальнейшем объемы применения минеральных удобрений стали постепенно уменьшаться, достигнув минимального объема в 2015–2016 гг. – соответственно 209 и 158 кг/га д.в. Следует отметить, что предыдущие 2011–2014 гг. объемы применения минеральных удобрений хотя и были ниже потребности, но оставались на достаточно высоком уровне, необходимом для достижения планируемой продуктивности пахотных почв и положительного баланса фосфора и калия в почвах.

Положительную роль здесь оказало и то, что за последние 6 лет применялось 9–10 органических удобрений в расчете на 1 гектар пашни.

В результате среднегодовая продуктивность пахотных почв устойчиво превысила 40 ц/га к.ед. В перспективе для достижения средней продуктивности пахотных почв 45–50 ц/га к.ед. необходимо сохранить уровень применения минеральных удобрений 300–320 кг/га д.в. на фоне 10–12 т/га органических удобрений. За четырехлетний период это обеспечит также поддержание бездефицитного баланса гумуса и повышение содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах соответственно до 192 и 222 мг/кг почвы.

Важным фактором ресурсосбережения в системе удобрения сельскохозяйственных культур имеет переход на применение комплексных форм минеральных удобрений со сбалансированным соотношением элементов минерального питания с учетом биологических особенностей возделываемых культур. В Институте почвоведения и агрохимии разработан полный ассортимент комплексных удобрений для всех выращиваемых в республике сельскохозяйственных культур (84 формы удобрений). Промышленное производство указанных удобрений освоено на Гомельском химическом заводе. В хозяйствах республики наиболее востребованы комплексные удобрения для льна, сахарной свеклы и озимого рапса.

Применение минеральных удобрений в почвенно-климатических условиях республики обеспечит оптимальное соотношение элементов питания в системе удобрения сельскохозяйственных культур позволит на 30 % уменьшить затраты на их внесение в почву и повысить окупаемость минеральных удобрений.

Баланс элементов питания в почвах пахотных земель Республики Беларусь

Области	В среднем за год и по периодам, кг/га						
	2011	2012	2013	2014	2015	2011–2015	2016
баланс азота							
Брестская	42,4	38,9	44,6	30,7	46,2	40,6	5,9
Витебская	43,8	33,0	40,0	12,6	8,2	27,5	-6,0
Гомельская	55,4	54,3	59,3	43,5	57,8	54,1	14,4
Гродненская	22,5	8,7	16,5	-6,2	7,0	9,7	-14,0
Минская	35,9	23,2	15,3	8,7	18,7	20,3	-1,6
Могилевская	36,5	33,1	34,0	6,4	27,8	27,6	-2,3
Беларусь	38,1	29,5	33,5	18,9	26,6	29,3	-1,0
баланс фосфора							
Брестская	40,5	27,7	40,3	24,4	22,5	31,1	3,5
Витебская	49,5	22,4	25,7	2,5	2,3	20,5	-13,2
Гомельская	48,5	44,9	43,9	30,5	30,9	39,7	6,2
Гродненская	35,0	20,3	21,8	7,6	9,3	18,8	-12,0
Минская	53,8	29,6	17,4	10,5	14,6	25,2	-1,3
Могилевская	32,6	26,1	21,8	8,9	6,6	19,2	-4,5
Беларусь	43,6	27,7	28,1	15,2	14,1	25,7	-3,9
баланс калия							
Брестская	112,7	92,9	108,0	75,5	72,1	92,2	32,6
Витебская	65,7	60,5	63,0	41,7	4,6	47,8	-23,0
Гомельская	121,6	102,1	99,8	92,7	69,7	95,3	26,4
Гродненская	55,6	45,5	51,3	17,0	30,1	39,8	-10,8
Минская	60,4	52,2	41,9	40,9	45,6	47,3	17,3
Могилевская	70,4	47,3	55,0	24,7	51,2	48,6	4,9
Беларусь	78,0	63,3	67,5	51,3	44,7	60,1	7,2

В перспективе основным фактором повышения продуктивности сельскохозяйственных культур должно быть не увеличение объемов внесения минеральных удобрений, а оптимизация факторов, способствующих повышению окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур до 10–12 кг зерна на 1 кг NPK. Для этого обязательным условием является выполнение комплекса следующих мероприятий:

- внесение строго в расчетных дозах на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур при оптимальном соотношении всех макроэлементов. Практически осуществимо при использовании комплексных форм минеральных удобрений, разработанных для отдельных культур или групп культур, производимых на Гомельском химическом заводе и заводе комплексных удобрений в г. Солигорске;
- регулирование азотного питания сельскохозяйственных культур в процессе вегетации путем проведения подкормок в основные стадии формирования урожайности;
- сбалансированное применение микроудобрений с учетом биологической потребности возделываемых культур;
- химическая защита растений от сорняков, болезней и вредителей;
- качество внесения минеральных удобрений и проведения подкормок азотными удобрениями и микроудобрениями.

В комплексе мероприятий по сохранению и дальнейшему повышению плодородия почв большое значение имеет защита их от всех видов деградаций. Всего в республике выделяется пять видов деградаций: физическая, профильная, химическая, биологическая и ландшафтно-экологическая.

В Беларуси наиболее распространенный вид деградации – эрозия почв, наносящая большой экономический и экологический ущерб. Средние темпы увеличения площади эродированных пахотных земель составляют 139,4 га в год. Именно поэтому, эрозия почв относится к числу тех глобальных проблем, актуальность которых не только не уменьшается в ходе исторического развития, но и приобретает все большую остроту.

Из всех земель сельскохозяйственного назначения на долю земель, подверженных водной эрозии, приходится 5,3 %, ветровой – 1,1 %. Кроме этого, 2453,2 тыс. га, или 49,7 % пахотных земель относятся к эрозионноопасным землям, которые при неправильном использовании могут быть подвержены эрозии.

Проявление эрозионных процессов на территории страны имеет региональные особенности. В Белорусском Поозерье и Центральной Беларуси, где выражен холмистый рельеф и преобладают почвы связного гранулометрического состава, наиболее активно протекают водно-эрозионные процессы. В Белорусском Поозерье эрозия развивается в условиях мелко- и среднехолмистого рельефа на почвах, сформированных на моренных почвообразующих породах. В таких условиях наряду с водной эрозией активно развивается техногенная (механическая) эрозия, обусловленная обработкой почвы. В Цен-

тральной почвенно-экологической провинции (Белорусская гряда) эрозионные процессы формируются на лессовидных и лессовых породах, приуроченных к крупнохолмистым формам рельефа. Для этой зоны характерна высокая сельскохозяйственная освоенность и распаханность территории, а сами почвы характеризуются крайне низкой устойчивостью к эрозии.

В Южной (Полесской) зоне, где выполнен большой объем осушительной мелиорации и преобладают почвы легкого гранулометрического состава, а также осушенные торфяные почвы, заметное развитие получили процессы ветровой эрозии.

Наиболее эффективными противоэрозионными мероприятиями являются введение севооборотов с максимальной насыщенностью сельскохозяйственными культурами с высокой противоэрозионной устойчивостью. Так, например, проведенными исследованиями установлено, что при возделывании многолетних трав суммарный смыв почвы с атмосферными осадками и талыми водами уменьшается от 13,7 до 0,3 т/га, гумуса – от 240,0 до 6,1 кг/га, азота – от 13,2 до 0,3 кг/га, фосфора – от 5,9 до 0,3 кг/га, калия – от 5,4 до 1,1 кг/га.

Таким образом, система применения удобрений под сельскохозяйственные культуры в Республике Беларусь обеспечивает положительную динамику изменения агрохимических свойств почв. Установлены количественные показатели потерь элементов питания при процессах водной эрозии почв и почвозащитная роль отдельных сельскохозяйственных культур в снижении негативного влияния эрозии.

УДК 632.934.1:632.51

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

И. Ю. ЛАПШИНА, науч. сотр.,
С. А. НИКИФОРОВА, канд. с.-х. наук,
ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ»,

Ульяновская обл., Ульяновский р-он, пос.Тимирязевский, Россия

В биологизации систем растениеводства и земледелия в современных условиях возрастает роль люпина. Проведенные в различных почвенно-климатических условиях исследования по люпину показали положительные результаты [1,2,3,4].

Люпин белый для условий Ульяновской области является перспективной высокобелковой кормовой культурой, зеленая масса и семена которой хорошо поедаются всеми видами животных. По количеству белка в урожае люпин превосходит такие зернобобовые культуры как горох, вика, кормовые бобы, следовательно, расширение посевов люпина на кормовые цели будет способствовать увеличению производства более дешевых концентрированных кормов. Однако для получения высоких и устойчивых урожаев семян люпина необходимо совершенствование агротехнических приемов его возделывания, в частности, оптимизации минерального питания.

Известно, что эффективность удобрений зависит как от биологических особенностей культуры, так и от физико-химических свойств почвы, влагообеспеченности, запаса питательных веществ, соотношения элементов питания и ряда других факторов. С этим в основном связаны определенные противоречия в литературных данных по вопросам удобрения возделываемых видов люпина.

Однако люпин мало требователен к почвенному плодородию, дает высокие урожаи семян и зеленой массы даже на малокультуренных песчаных почвах с содержанием гумуса в пахотном слое менее 1 %. Обладая высокой азотфиксирующей способностью, люпин при благоприятных для роста и развития условиях может фиксировать на 1 га до 300 кг и более атмосферного азота, на 70–80 % обеспечивая свою потребность в азотном питании. Остальные 20–30 % потребного азота люпин восполняет за счет ассимиляции азота почвы. Активная симбиотическая азотфиксация у люпина начинается с началом образования клубеньков на корнях растений, т. е. в среднем через две–три недели после всходов. По этой причине сторонники так называемых «стартовых доз» азота считают целесообразным применение небольших (20–30 кг/га) доз минерального азота до посева или во время сева для активизации ростовых процессов, когда азотфиксация еще не началась [5].

Однако многочисленные исследования ГНУ ВНИИ люпина, ГНУ ВНИПТИОУ, ГНУ ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева» и ряда других научных учреждений, проведенные в разных регионах с различными почвенно-климатическими условиями, показали, что люпин не нуждается в азотных удобрениях, в том числе и в стартовых дозах.

В связи с вышеизложенным на базе опытного поля ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ» в 2015 году

были проведены исследования, в которых предусматривалось оценить отзывчивость люпина белого (*Lupinus albus*) на элементы технологии для наиболее полной реализации потенциала продуктивности в условиях лесостепи Поволжья.

Объект исследований являлся люпин белый сорта *Дега*. Технология возделывания люпина включала: предшественник – яровая пшеница, осенью – вспашку агрегатом ДТ-75+ПН 4-35 на глубину 20–22 см, весной – боронование К-3180 + БЗТС-1 при достижении физической спелости почвы, перед посевом культивацию агрегатом Б-1221 + КПС-4 на глубину заделки семян, прикатывание ЗКШ-6. Уборка люпина проводилась в фазе полной спелости зерна механизировано комбайном Сампо 500 (24 августа). Бункерную массу зерна пересчитывали на 14 %-ю влажность и 100 %-ю чистоту.

Повторность опыта 3-кратная, размещение делянок систематическое. Общая площадь делянки 24,7 м² (1,65×15,0 м). Почва опытного участка – чернозем слабывщелоченный тяжелосуглинистый.

Схема опыта предусматривала следующие варианты: 1. Довсходовая обработка гербицидом (фактор А): 1). Без обработки гербицидом; 2). Обработка гербицидом Лазурит 1 л/га; 2). Дозы минеральных удобрений (Фактор В): 1. N₀P₀K₀, 2. N₁₅P₁₅K₁₅, 3. N₃₀P₃₀K₃₀; 3. Нормы высева (фактор С): 1,0, 1,1, 1,2 млн всх. семян/га.

Посев культуры проведен сплошным рядовым способом согласно схеме опыта сеялкой СН-16 (8 мая). Перед посевом семена люпина обрабатывали протравителем Бенорад, СП (беномил, 500 г/кг) из расчета 3 кг/т семян и Ризоторфином в дозе 300 г/гектарную норму семян. По соответствующим вариантам через 5 дней (до всходов культуры) проведена обработка гербицидом Лазурит в дозе 1 л/га ранцевым опрыскивателем. Лазурит (**МЕТРИБУЗИН, 700 Г/КГ**) представляет собой довсходовый гербицид против однолетних двудольных и злаковых сорных растений.

В качестве минеральных удобрений использовалась азофоска с содержанием N₁₅P₁₅K₁₅, удобрения вносились под культивацию.

Оценка динамики метеорологических элементов за вегетационный период 2015 год показала значительную вариабельность суммы осадков. При этом распределение осадков по месяцам было крайне неравномерным. Май характеризовался засушливой и жаркой погодой. В июне на фоне высоких температур наблюдался дефицит осадков, сумма за месяц составила 32,1 мм при норме 62 мм (51 % от нормы). Так как люпин белый – культура влаголюбивая, то дефицит влаги в этот период ограничил рост растений. В июле было прохладно и дождливо. Теплая сухая погода в августе создавала благоприятные условия для развития и созревания бобовых культур.

Как показали результаты исследований, запасы продуктивной влаги в почве (составляли 38,9 мм в слое 0–30 см и 121,3 мм с слое 0–100 см), а также оптимальная теплообеспеченность (температура воздуха выше 15 °С) перед посевом люпина были благоприятны для получения дружных всходов. Полевая всхожесть посевов составила 71–84 %. При этом посевы люпина с нормами высева 1,1 и 1,2 млн/га были более плотными и равномерными. Довсходовая обработка посевов почвенным гербицидом не оказывала влияния на данный показатель.

Посевы люпина были засорены преимущественно малолетними сорными растениями (марь белая, подмаренник цепкий, щирица запрокинутая, змееголовник тимьяноцветный, фиалка полевая, горец вьюнковый, пикульник ладанниковый, гречиха татарская, куриное просо, щетинник обыкновенный), среди многолетних наблюдались вьюнок полевой и осот полевой. Исследованиями установлено, что на фоне N₃₀P₃₀K₃₀ без применения почвенного гербицида наблюдалось интенсивное развитие сорных растений и угнетение культуры люпина белого (табл. 1)

Таблица 1. Влияние элементов технологии на засоренность посевов люпина белого

Норма высева	N ₀ P ₀ K ₀ (контроль)		N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		Среднее	
	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²
Без средств защиты посевов								
1 млн/га	21,8	46,2	27,3	63,3	20,0	86,6	23,0	65,4
1,1 млн/га	25,5	47,2	20,0	50,5	20,0	90,8	21,8	62,8
1,2 млн/га	23,0	44,0	13,0	46,3	16,8	83,6	17,6	58,0
Среднее по фону	23,4	45,8	20,1	53,4	18,9	87,0	20,8	62,0
Довсходовая обработка гербицидом								
1 млн/га	12,5	34,4	11,5	53,4	11,8	49,3	11,9	45,7
1,1 млн/га	11,8	20,8	12,0	27,2	13,5	58,5	12,4	35,5
1,2 млн/га	11,3	20,4	6,8	32,0	15,8	27,6	11,3	26,7
Среднее по фону	11,8	25,2	10,1	37,5	13,7	45,1	11,9	36,0
биологическая эффективность гербицида, %	49,5	45,0	49,8	29,7	27,8	48,1	43,0	42,1

Если по количеству сорных растений в зависимости от вариантов значительных различий не наблюдалось, то при применении минеральных удобрений вес сухой массы сорняков увеличивался до

1,2–1,9 раз.

Так, на контроле численность сорных растений не зависела от нормы высева люпина (21,8–25,5 шт./м²), при применении удобрений и с увеличением нормы высева с 1 до 1,2 млн/га отмечалась тенденция к снижению количества сорных растений. В среднем по фону нормы высева наименьшая засоренность была в более плотных посевах. Следовательно, оптимальная плотность посевов является биологическим способом регулирования численности сорных растений.

Следует отметить, что довсходовая обработка гербицидом оказалась достаточно эффективной в борьбе с сорными растениями на всех фонах с применением минеральных удобрений. Биологическая эффективность гербицида в среднем по фону составила 43 % по количеству и 42 % по сухой массе сорняков.

Посевы люпина на фоне минеральных удобрений без применения почвенного гербицида зарастали сорными растениями и к моменту созревания продолжали активно вегетировать, что дополнительно привело к повышению влажности зерновой массы при уборке.

Урожайность люпина в среднем по опыту составила 1,59–1,62 т/га на фоне без применения гербицида и 1,82–2,06 т/га на фоне довсходовой обработки посевов Лазуритом (табл. 2). Отмечено снижение продуктивности культуры на 0,4–0,7 т/га (или на 20,3–35,5 %) пропорционально увеличению дозы минеральных удобрений. Таким образом, использование минеральных удобрений на безгербицидном фоне оказывало отрицательное влияние на культуру.

В среднем по фону наибольшая урожайность зерна сформировалась при посеве культуры с нормой высева 1,1 млн/га без применения средств защиты (1,62 т/га) и с нормой 1,2 млн/га на фоне довсходовой обработки посевов гербицидом (2,06 т/га).

Таблица 2. Урожайность зерна люпина белого в зависимости от элементов технологии

Фон минеральных удобрений	Урожайность зерна, т/га			Среднее по фону
	1 млн/га	1,1 млн/га	1,2 млн/га	
Без средств защиты посевов				
N ₀ P ₀ K ₀	1,88	2,10	1,94	1,97
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1,64	1,54	1,52	1,57
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,25	1,21	1,36	1,27
Среднее по нормам высева	1,59	1,62	1,61	
Довсходовая обработка гербицидом				
N ₀ P ₀ K ₀	1,81	1,84	2,03	1,89
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1,85	1,98	2,18	2,00
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,80	2,18	1,97	1,98
Среднее по нормам высева	1,82	2,0	2,06	
НСР ₀₅	Фактор А (гербицид) – 0,08 Фактор В (мин. удобрения) – 0,09 Фактор С (нормы высева) – 0,13 Взаимодействие ABC – 0,23			

Таким образом, применение минеральных удобрений в технологии возделывания люпина способствовало росту засоренности посевов и без защитных мероприятий приводило к снижению продуктивности культуры на 20,3–35,5 %. При высокой степени засоренности полей применение почвенных гербицидов является обязательным агроприемом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кильянова Т. В., Сафина Н. В. Люпин белый – новая кормовая культура // Агромир Поволжья. – 2013. – № 4(12). – С. 23–24.
2. Гаранин, М. Н. Формирование продукционного процесса и урожайности зерновых бобовых культур под влиянием бактериальных препаратов и микроэлементов. Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Пенза, 2013. – 22 с.
3. Яковлева М. И., Кузнецов А. И., Ласкин П. В. Внедрение люпина узколистного в севообороты Чувашской Республики // Материалы международной научно - практической конференции «Современные системы земледелия: опыт, проблемы, перспективы». – Ульяновск, 2011. – С. 313–320.
4. Лапшина, И. Ю. Влияние агротехнических приемов и химических способов защиты на продуктивность люпина белого / Лапшина И. Ю. Никифорова С. А. // Селекция – инновационный путь развития сельского хозяйства: матер. Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию отдела селекции ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ». – 2017. – С. 150–155.
5. Такунов, И. П. Инновационный опыт производства кормового люпина / Такунов И. П., Слесарева Т. Н., Лукашевич М. И., Агеева П. А., Якушева А. С., Рущкая В. И., Пимохова Л. И., Деркачев И. П., Мисникова Н. В. // ФГБНУ «Росинформагротех». – Москва, 2012. – 80 с.

НАКОПЛЕНИЕ АЗОТА В ЗЕРНЕ, СОЛОМЕ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ ПЛАНИРУЕМЫХ РАННЕВЕСЕННИХ ЗАПАСАХ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

С. И. ЛАСТОЧКИНА, канд. с.-х. наук,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Исследования проводились в 2005–2008 гг. на территории Оршанско-Горецко-Мстиславского почвенного района, в условиях дерново-палево-подзолистой почвы, развивающейся на лессовидных легких суглинках, подстилаемых с глубины около 0,5–1,0 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте, легкосуглинистой, среднеокультуренной. Почва опытных участков характеризовалась близкой к нейтральной реакции среды с содержанием 1,74–2,56 % гумуса, 151–181 мг/кг подвижных соединений фосфора и 100–166 мг/кг подвижных соединений обменного калия. Индекс агрохимической окультуренности – 0,65–0,72. Объект исследований – озимая пшеница среднестебельного сорта Капылянка. Норма высева семян – 5 млн. всхожих семян на гектар или 250 кг/га. Предшественник – озимый рапс. В качестве минеральных удобрений в основную заправку осенью на всей площади опытного участка вносили аммонизированный суперфосфат (30 % P_2O_5 и 7 % N) и хлористый калий (60 % K_2O). В качестве подкормок использовалась аммиачная селитра (NH_4NO_3). Контролем служил фоновый вариант ($N_{14}P_{60}K_{120}$).

Доза первой ранневесенней азотной подкормки рассчитывалась с учетом запасов минерального азота в 0–60 см слое почвы [4]:

$$N_{уд.} = N_{опт.} - N_{факт.},$$

где $N_{уд.}$ – доза азотного удобрения, кг д.в./га; $N_{опт.}$ – оптимальное содержание минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га; $N_{факт.}$ – фактическое содержание азота в почве, кг/га.

С помощью первой азотной подкормки в ранневесенний период в посевах озимой пшеницы создавалось пять уровней планируемого запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы: 120, 140, 160, 180 и 200 кг/га (табл. 1). На этих уровнях азотного питания изучалась эффективность двух (2-й и 3-й) дополнительных азотных подкормок, каждая в дозе азота 30 кг д.в./га.

Ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы проводили после окончания поверхностного и внутрипочвенного стока избыточной влаги. Вторая азотная подкормка проводилась в фазу конец кущения–начало трубкования, третья – в фазу флагового листа.

Таблица 1. Содержание общего азота в биомассе озимой пшеницы, возделываемой при разных планируемых ранневесенних запасах минерального азота в 0–60 см слое почвы (в среднем за 2006–2008 гг.)

Ранневесенние запасы минерального азота в 0–60 см слое почвы ($N_{мин.} + N_{уд.}$), кг д.в./га	Внесено всего азотного удобрения, кг д.в./га	Содержание общего азота (в среднем % на абсолютно сухое вещество)			Содержание в зерне, %	
		в зерне	в соломе	в растительных остатках	сырого протеина	сырой клейковины
Фон ($N_{14}P_{60}K_{120}$)	Контроль	1,63	0,36	0,70	10,2	21,6
N_{120}	45	1,79	0,39	0,75	11,2	23,7
$N_{120} + N_{30}$	75	1,89	0,42	0,83	11,8	25,0
$N_{120} + N_{30} + N_{30}$	105	1,93	0,45	0,94	12,1	25,6
N_{140}	65	1,90	0,41	0,84	11,9	25,2
$N_{140} + N_{30}$	95	1,95	0,46	0,95	12,2	25,8
$N_{140} + N_{30} + N_{30}$	125	2,06	0,48	1,07	12,9	27,3
N_{160}	85	1,94	0,44	0,98	12,1	25,7
$N_{160} + N_{30}$	115	2,01	0,47	1,11	12,6	26,6
$N_{160} + N_{30} + N_{30}$	145	2,11	0,49	1,18	13,2	28,0
N_{180}	105	1,99	0,46	1,06	12,4	26,4
$N_{180} + N_{30}$	135	2,07	0,50	1,15	12,9	27,4
$N_{180} + N_{30} + N_{30}$	165	2,13	0,53	1,27	13,3	28,2
N_{200}	125	2,05	0,49	0,98	12,8	27,2
$N_{200} + N_{30}$	155	2,13	0,53	1,05	13,3	28,2
$N_{200} + N_{30} + N_{30}$	185	2,22	0,56	1,12	13,9	29,4
НСР ₀₅	2006 г.	0,17	0,04	0,10		
	2007 г.	0,17	0,05	0,10		
	2008 г.	0,13	0,04	0,07		

Меньше всего азота (1,63; 0,36; 0,70 %) потребляли растения в вариантах без внесения азотного удобрения (табл. 1). Однако в отличие от урожайности зерна, которая достигла оптимального значе-

ния на уровне азотного питания 180 кг/га при двух дополнительных азотных подкормках, содержание азота в зерне продолжало увеличиваться и достигло наибольшего показателя на уровне азотного питания 200 кг/га с двумя дополнительными подкормками азотным удобрением – 2,22 % при урожайности зерна – 5,38 т/га [1, 2]. Это на 27 % выше, чем содержание азота в зерне на контроле.

Как видно по табл. 1, при наиболее оптимальном уровне планируемого ранневесеннего запаса минерального азота в почве 180 кг/га сформировано зерно с хорошим качеством – 12,4–13,3 %. На этом же уровне азотного питания (180 кг/га с двумя дополнительными подкормками азотным удобрением) получена наибольшая урожайность зерна (7,0 т/га) с хорошим качеством (28,2 % сырой клейковины).

Содержание азота в соломе в условиях опыта достигло максимального значения на уровне азотного питания 200 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками и составило в среднем – 0,563 % при урожайности соломы в 8,93 т/га [1, 2].

Максимальное содержание азота в растительных остатках отмечено при планируемом уровне ранневесеннего запаса минерального азота в почве 180 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками – в среднем 1,27 % (табл. 1), что в 1,8 раза выше содержания азота в послеуборочных остатках в контрольном варианте.

По данным, представленным в табл. 2 видно, что максимальный вынос азота зерном озимой пшеницы наблюдался при планируемом ранневесеннем запаса минерального азота в почве 180 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками – 149,4 кг/га.

Для соломы максимальный вынос азота составил 50,3 кг/га при уровне азотного питания 200 кг/га также с двумя дополнительными азотными подкормками.

Наибольшую урожайность зерна (7,0 т/га) с хорошим качеством (содержание белка – 13,3 %, клейковины – 28,2 %) обеспечивает возделывание озимой пшеницы в варианте с ранневесенним запасом минерального азота в 0–60 см слое почвы 180 кг/га и с двумя дополнительными подкормками азотным удобрением.

Таблица 2. Количество азота, вовлеченного в биологический круговорот озимой пшеницей, возделываемой при разных дозах азотного удобрения (в среднем за 2006–2008 гг.)

Ранневесенние запасы минерального азота в 0–60 см слое почвы (N _{мин.} + N _{уд.}), кг д.в./га	Внесено всего азотного удобрения, кг д.в./га	Вынос азота с урожаем, кг/га			Накоплено азота в растительных остатках, кг/га	Соотношение между азотом надземной биомассы и азотом растительных остатков
		зерна	соломы	зерна и соломы		
Фон (N ₁₄ P ₆₀ K ₁₂₀)	Контроль	49,9	13,5	63,4	9,0	7,01
N ₁₂₀	45	67,0	18,0	85,0	11,8	7,20
N ₁₂₀ + N ₃₀	75	84,1	22,7	106,8	16,4	6,51
N ₁₂₀ +N ₃₀ +N ₃₀	105	95,7	26,4	122,1	20,7	5,90
N ₁₄₀	65	81,6	21,8	103,4	15,6	6,63
N ₁₄₀ + N ₃₀	95	100,3	29,0	129,3	21,3	6,07
N ₁₄₀ +N ₃₀ +N ₃₀	125	119,0	33,0	152,0	26,8	5,67
N ₁₆₀	85	95,4	26,6	122,0	21,1	5,78
N ₁₆₀ + N ₃₀	115	116,2	33,3	149,5	28,1	5,32
N ₁₆₀ +N ₃₀ +N ₃₀	145	134,9	37,5	172,4	32,7	5,27
N ₁₈₀	105	110,0	30,8	140,8	26,3	5,35
N ₁₈₀ + N ₃₀	135	132,8	38,6	171,4	32,8	5,23
N ₁₈₀ +N ₃₀ +N ₃₀	165	149,4	44,3	193,7	39,3	4,92
N ₂₀₀	125	98,4	35,3	133,7	19,5	6,86
N ₂₀₀ + N ₃₀	155	110,3	44,1	154,4	22,1	6,98
N ₂₀₀ +N ₃₀ +N ₃₀	185	119,3	50,3	169,6	24,6	6,89

Максимальный вынос азота зерном отмечен при планируемом уровне ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы 180 кг/га с двумя дополнительными подкормками азотным удобрением – 149,4 кг/га. В этом варианте накоплено и наибольшее количество азота в растительных остатках – 39,3 кг/га. В соломе этот показатель оказался наибольшим при уровне азотного питания 200 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками – 50,3 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, В. Б. Зависимость урожайности озимой пшеницы от уровня азотного питания / В. Б. Воробьев, С. И. Ласточкина // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2009. – № 2. – С. 78–83.
2. Воробьев, В. Б. Урожайность и масса растительных остатков озимой пшеницы в связи с различным уровнем азотного питания / В. Б. Воробьев, С. И. Ласточкина // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 5. – С. 10–15.
3. Губанов, Я. В. Озимая пшеница / Я. В. Губанов, Н. Н. Иванов. – 2-е изд. Москва: Агропромиздат, 1988. – 303 с.
4. Гузнов, Г. Я. Влияние уровня минерального питания на урожайность и качество зерновых культур / Г. Я. Гузнов // Приемы повышения качества зерна: сб. науч. тр. / Горьковский с.-х. ин-т. Горький, 1984. – С. 9–13.
5. Дубиковский, Г. П. Влияние удобрений на образование корневых и пожнивных остатков сельскохозяйственных культур на легких почвах / Г. П. Дубиковский, Ф. Н. Леонов, Т. Н. Шпорко // Современные проблемы использования почвенных ресурсов и повышения их производительной способности: материалы Междуна. науч.-произв. конф. / Белорус. с.-х. акад. Горки, 1997. – С. 157–158.

УДК:631.8 (075)

**УДОБРЕНИЕ ОСАДКОМ СТОЧНЫХ ВОД КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ
ПРОДУКТИВНОСТИ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА**

В. ЛОПУШНЯК, д-р с.-х. наук, профессор,
ООО «Сервис-Агрозахид», г. Львов, Украина
Т. ЯКУБОВСКИЙ,

Предшественник топинамбура в опытах – кукуруза. Сорт топинамбура – Львовский [5]. Высаживали клубни топинамбура размером 30–70 г (средние), во второй декаде апреля на глубину 6–8 см, способ обработки почвы аналогичен подготовке почвы под картофель.

Исследованиями установлено, что внесение удобрений существенно влияет на формирование структуры и количества урожая (табл. 1).

Таблица 1. Влияние удобрения на урожай клубней топинамбура, среднее за 2016–2017 гг.

Вариант опыта	Количество клубней на одно растение, шт.	Средняя масса клубней с куста, г	Урожай, т/га
1. Контроль (без удобрений)	22	51,1	31,42
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20	56,9	34,13
3. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	29	58,0	47,98
4. ОСВ – 20 т/га + N ₅₀ P ₅₂ K ₇₄	28	61,3	48,78
5. ОСВ – 30 т/га N ₃₀ P ₃₃ K ₆₆	30	63,4	52,84
6. ОСВ – 40 т/га + N ₁₀ P ₁₄ K ₅₈	32	72,6	66,91
7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 20 т/га + N ₅₀ P ₁₆ K ₆₇	29	65,2	54,72
8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 30 т/га + N ₃₀ K ₅₅	28	68,0	56,91

В частности, урожайность топинамбура при внесении минеральных удобрений (вариант 2 и 3) повышается на 2,7–16,6 т/га по сравнению с контролем. В вариантах 4–6, где вносили свежий осадок сточных вод в норме 20 – 40 т/га и минеральные удобрения, урожайность клубней составила 48,8–52,8 т/га, что на 17,4–35,5 т/га больше, чем в варианте без внесения удобрений и на 0,8–18,9 больше по сравнению с вариантом 3 (N₉₀P₉₀K₉₀).

При внесении компостов на основе осадка сточных вод и минеральных удобрений (вариант 7 и 8) урожайность уменьшается по сравнению с вариантом 6 (ОСВ – 40 т/га + N₁₀P₁₄K₅₈) и составляет 54,7–56,9 т/га, что на 27,6–32,0 больше в сравнении с контролем. В условиях исследований низкий урожай топинамбура 34,1 т/га, кроме варианта 1 (без удобрений), отмечено при внесении минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ (вариант 2).

Внесение удобрений также влияло на структуру урожая клубней (табл. 2). Количество клубней на одно растение в условиях опыта колебалось от 20 до 32 шт. средняя масса клубней в вариантах изменялась от 51,1 до 72,6 г.

Анализируя данные эксперимента заметим, что массовая доля крупных клубней топинамбура меняется от 17 % (вариант 1) до 47 % (вариант 6). В частности, с повышением нормы внесения осадка сточных вод (от 20 до 40 т/га) и минеральных удобрений увеличивается их доля от 31 до 47 %, что на 14–30 % больше за контроль. При внесении компостов на основе осадка сточных вод и минеральных удобрений (вариант 7 и 8) доля крупных клубней топинамбура уменьшается по сравнению с вариантом 6 (ОСВ – 40 т/га + N₁₀P₁₄K₅₈) и составляет 36–41 %, что на 19–24 % больше показателя контрольного варианта. В условиях исследований массовая доля средних клубней топинамбура меняется в пределах 29–40 %, при этом от 39–40 % в вариантах, где вносили компост на основе осадка сточных вод. Наименьшая доля средних клубней в контрольном варианте равна 29 %, а при внесении минеральных удобрений (вариант 2, 3) увеличивается на 2–3 % по сравнению с контролем. Массовая доля мелких клубней топинамбура менялась соответственно от 15 % (вариант 6) до 53 % (контроль).

Следует отметить, что внесение удобрений содействует увеличению фракции крупных и средних клубней топинамбура и уменьшению доли мелких, а также обеспечивает повышение доли клубней с овальной формой. Таким образом, внесение удобрений улучшает условия применения системы машин в технологии уборки топинамбура.

Таблица 2. Структура урожая клубней топинамбура, среднее за 2016–2017 гг.

Вариант досліду	Массовая доля клубней топинамбура, %			
	крупных (> 70г)	средних (30 – 70 г)	мелких (< 30 г)	овальных
1. Контроль (без удобрений)	17	29	53	1
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	26	31	40	3
3. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	27	32	38	3
4. ОСВ – 20 т/га + N ₅₀ P ₅₂ K ₇₄	31	36	29	4
5. ОСВ – 30 т/га N ₃₀ P ₃₃ K ₆₆	35	38	23	4
6. ОСВ – 40 т/га + N ₁₀ P ₁₄ K ₅₈	47	32	15	6
7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 20 т/га + N ₅₀ P ₁₆ K ₆₇	36	39	19	6
8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) – 30 т/га + N ₃₀ K ₅₅	41	40	16	3

В результате исследований установлено, что на дерново-подзолистых почвах Предкарпатья применение осадка сточных вод и минеральных удобрений в норме 40 т/га + N₁₀P₁₄K₅₈ обеспечивает урожай клубней топинамбура на уровне 67 т/га, содействует улучшению структуры урожая, в частно-

сти обуславливает увеличение доли крупных клубней на 30 %, а также обеспечивает повышение доли сформированных клубней правильной формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слобода, П. М. Система удобрення топінамбура : монографія / П. М. Слобода, В. І. Лопушняк. Львів : Простір М. – 2017. – 202 с.
2. Программа «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» на 2013–2016 годы / [Старовойтов В. И., Воронов Н. В., Старовойтова О. А., и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. – 2013. – Т. 21. – Ч. 2. – С. 6 – 15.
3. Лопушняк, В. І. Вплив систем удобрення на врожай бульб топінамбура в Західному Ліссостепу України / В. І. Лопушняк, П. М. Слобода // Наука на службі сільського господарства : матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. Миколаїв. – 2013. – С. 124 – 125.
4. Рихлівський, І. П. Біологічні і агротехнічні основи сучасних технологій вирощування топінамбура : монографія / І. П. Рихлівський. К. : Фітосоціоцентр. – 2000. – 223 с.
5. Дубковецький, С. В. Топінамбур сорту Львівський / С. В. Дубковецький, В. Г. Влох // Вчені ЛНАУ – виробництву. – Вип. 8. – Львів : ЛНАУ. – 2008. – С.23.
6. Коджебаш, В. Вплив мінеральних добрив і густоти стояння на продуктивність топінамбура / В. Коджебаш, В. Щербак // Вісник ЛДАУ : агрономія. – Львів : ЛДАУ. – 2007. – № 11. – С. 282–285.
7. Грицуляк, Г. М. Осад стічних вод у системі удобрення верби енергетичної : монографія / Грицуляк Г. М. Лопушняк В. І. – Львів : Простір М, 2017. – 180 с.
8. Технологія одержання та застосування органо-мінеральних добрив на основі осаду стічних вод : рекомендації / за ред. К. О. Чеботько. – К. : Фенікс, 2000. – 53 с.

УДК 633.12:631.8[11.1+16.355]

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ АЗОТОМ НА ПОСЕВАХ ГРЕЧИХИ

Н. А. ЛУЖИНСКАЯ, В. Н. КУДЕЛКО, канд. с.-х. наук,
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь

Человек, особенно в настоящее время, нуждается в разнообразных экологически чистых продуктах питания. Гречиха относится к одной из ценных крупяных культур, которая обладает уникальными биологическими и хозяйственными свойствами. В питании человека это единственная культура, которая обеспечивает получение диетического продукта со строго заданным соотношением особо полезных для организма человека элементов питания. В связи с этим для агропромышленного комплекса Беларуси большое значение имеет увеличение валового сбора зерна гречихи, которая является в республике одной из основных крупяных культур. Однако в настоящее время урожайность этой культуры в большинстве хозяйств нестабильна по годам и находится на уровне 9–11 ц/га [1], поэтому не всегда удовлетворяет запросы современного производства. Причинами низкой урожайности являются недостаточная адаптивность гречихи к условиям произрастания, а также несовершенство технологии возделывания, направленной на реализацию потенциала продуктивности сортов в производстве.

Важным элементом технологии возделывания гречихи является применение минеральных удобрений [2–4]. В то же время необходимо отметить, что внесение минеральных удобрений не только повышает продуктивность культурных растений, но и стимулирует прорастание семян сорных растений и способствует усилению вегетативного развития последних [5], поэтому под гречиху нежелательно применять высокие дозы минеральных удобрений, особенно азота, т. к. избыток этого элемента питания также способствует развитию большей вегетативной массы этой культуры, что приводит к удлинению ее вегетационного периода, полеганию посевов и, как следствие, снижению урожайности зерна. В связи с этим нами было проведено изучение возможности внесения на посевах диплоидного детерминантного сорта гречихи Феникс дополнительного минерального азота в дозах N_5 , N_{10} , N_{15} и N_{20} по вегетирующим растениям в фазы 1–2 настоящих листа, бутонизации и цветения культуры.

Исследования проводились в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2014–2015 гг. на супесчаной дерново-подзолистой почве со следующими агрохимическими характеристиками: гумус – 2,12–2,70 %, pH_{KCl} – 5,39–6,18; содержание P_2O_5 – 216–250 мг/кг, K_2O – 300–380 мг/кг почвы. Азотные удобрения (N_{24}) вносили весной совместно с фосфорными в виде аммонизированного суперфосфата. Для уничтожения сорной растительности в посевах гречихи использовали баковую смесь гербицидов бицепс гарант + агроп (0,75+0,22 л/га) в фазу 1-го настоящего листа культуры.

Результаты исследований показали, что дополнительное внесение минерального азота в дозе N₅, как правило, не оказывало существенного влияния на урожайность гречихи независимо от срока его применения (таблица).

Урожайность зерна гречихи сорта Феникс в зависимости от дозы и срока дополнительного внесения минерального азота, ц/га (среднее за 2014–2015 гг.)

Фаза развития гречихи	Доза азота, кг/га д.в.	Урожайность, ц/га					
		среднее	± к контролю		среднее	± к контролю	
			ц/га	%		ц/га	%
		<i>Бицепс гарант + агрон (0,75+0,22 л/га)</i>			<i>Бицепс гарант + агрон (0,75+0,22 л/га) + фитовитал (0,6 л/га)</i>		
	Контроль (N0)	19,8	–	–	20,2	–	–
1-2 настоящих листа	N5	18,1	-0,8	-4,2	18,1	-1,0	-5,2
	N10	20,9	1,2	5,8	23,1	2,9	14,1
	N15	22,4	2,7	13,4	22,8	2,6	12,6
	N20	21,6	1,9	9,4	22,5	2,3	11,1
Бутонизация	N5	19,9	1,0	5,3	22,3	3,2	16,8
	N10	21,0	1,2	6,1	22,9	2,7	13,4
	N15	21,1	1,3	6,6	21,2	0,9	4,7
	N20	20,8	1,0	5,1	21,2	0,9	4,7
Цветение	N5	19,8	0,9	4,8	20,0	0,9	4,7
	N10	21,7	1,9	9,6	22,7	2,5	12,1
	N15	21,2	1,5	7,3	21,3	1,1	5,2
	N20	21,4	1,6	8,1	21,9	1,7	8,2

НСР05, фитовитал

0,3-0,3

НСР05, азот

0,7-0,8

НСР05, частные средние

1,0-1,1

В то же время опрыскивание посевов гречихи азотом в дозах N₁₀–N₂₀ в фазу 1–2 настоящих листа, бутонизации или цветения способствовало увеличению урожайности зерна на 1,2–2,7 ц/га (5,8–13,9 %), 1,0–1,3 ц/га (5,1–6,6 %) или 1,5–1,9 ц/га (7,3–9,6 %) соответственно. Причем максимальное значение этого показателя отмечалось, как правило, при использовании дозы азота N₁₅.

При добавлении в баковую смесь гербицидов бицепс гарант + агрон (0,75+0,22 л/га) регулятора роста фитовитал (0,6 л/га), в состав которого входит набор различных микроэлементов, в т. ч. янтарная кислота, отмечено более существенное увеличение урожайности зерна сорта Феникс, особенно при использовании более низких доз азота. Так, при опрыскивании посевов гречихи в фазу 1–2 настоящих листа данный показатель в среднем за годы исследований увеличился на 2,3–2,9 ц/га (11,1–14,1 %), в фазу бутонизации – на 0,9–3,2 ц/га (4,7–16,8 %), в фазу цветения – на 0,9–2,5 ц/га (4,7–12,1 %) в зависимости от дозы азота.

Следует отметить, что в целом по опыту наибольшую прибавку урожайности (2,5–2,9 ц/га или 12,1–14,1 %) обеспечило дополнительное внесение минерального азота в дозе N₁₀ от фазы 1–2 настоящих листа до цветения культуры в том случае, когда в баковую смесь послевсходовых гербицидов бицепс гарант и агрон (0,75+0,22 л/га) добавлен регулятор роста фитовитал (0,6 л/га). Следовательно, регулятор роста фитовитал способствует снижению оптимальной дозы азота при некорневой подкормке посевов гречихи с N₁₅ до N₁₀, т.е. на 5 кг/га д.в.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И. В. Медведова (председ. редкол.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 89.
2. Глазова, З. И. Оценка некоторых элементов агротехники гречихи / З. И. Глазова, В.М. Новиков // Земледелие. – 2012. – №5. – С. 17–20.
3. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гречихи: метод. реком. / В. И. Зотиков [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 40 с.
4. Танчик, С. П. Вплив мінеральних добрив на продуктивність гречки в Прикарпатті / С. П. Танчик, Р. М. Орловський // Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН» / ННЦ «Інститут землеробства УААН»; редкол.: В. Ф. Сайко (гол. ред.) [та інш.]. – К.: ВД «ЕКМО», 2010. – Вип. 4. – С. 84–90.
5. Грищенко, Р. Е. Эффективные методы борьбы с сорняками в посевах крупяных культур / Р. Е. Грищенко, Н. И. Драган, А. Г. Любич // Научные приоритеты инновационного развития отрасли растениеводства: результаты и перспективы: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 23-24 июня 2011 г. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию»; редкол.: Ф.И. Привалов [и др.]. – Борисов: МОУП «Борис. укр. тип. им. 1 Мая», 2011. – С. 46–49.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗРАБОТАННОГО
БАКТЕРИАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ПЕРЕСАДКЕ РАСТЕНИЙ В
ТОРФЯНО-ПЕСЧАНУЮ СМЕСЬ ПОСЛЕ МИКРОКЛОНИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ
СОРТОВ СИРЕНИ ОБЫКНОВЕННОЙ «НЕБО МОСКВЫ» И «ЛУННЫЙ СВЕТ»**

Е. И. МАГРАДЗЕ, старший преподаватель,
Т. И. ПОПОВА, студентка,
ФГБОУ ВО Удмуртский государственный университет,
г. Ижевск, Удмуртская республика, Россия

Почвенные микроорганизмы рода *Streptomyces* имеют большое значение для сельского хозяйства, так как обладают антагонистической, гидролитической активностью, способны разлагать фенольные соединения, входящие в состав гумуса [1]. Нами было разработано бактериальное удобрение, где в качестве основного компонента были использованы стрептомицеты, выделенные нами из почвы. Для этого использовали питательную среду Ваксмана.

В качестве субстрата для стрептомицетов использовали молочную сыворотку. Сыворотка является отходом молочной промышленности, загрязняющим окружающую среду. В среднем, за год во всем мире производится до 5 млн тонн молочной сыворотки [2]. Мы предлагаем один из способов утилизации молочной сыворотки, так как сыворотка остается частью удобрения, и, таким образом, производство удобрения является безотходным. При этом сыворотка перестает быть поллютантом окружающей среды, так как стрептомицеты гидролизуют белки, входящие в состав молочной сыворотки. Использовали разведенную молочную сыворотку, так как концентрация питательных веществ в неразведенной сыворотке выше, чем концентрация субстрата, подходящего для культивирования прокариот.

Стрептомицеты выращивали на разведенной стерильной молочной сыворотке в течение 7 суток. Концентрация клеток в готовом удобрении составила не менее 10^8 кл/л. Эффективность полученного удобрения проверяли при пересадке сирени после микроклонирования. 30 черенков сирени сорта «Небо Москвы» и 37 черенков сорта «Лунный свет» с питательной среды пересадили в горшки с торфяно-песчаной (1:2) смесью, по одному черенку в каждый. Каждый сорт был разделен на три равные группы. В каждой группе сиреней сорта «Небо Москвы» было по 10 черенков. Черенки сирени сорта «Лунный свет» были разделены на группы по 12, 12 и 13, группа из 13 черенков была контрольной. У каждого растения перед опытом измеряли длину побега, длину и ширину третьего листа, а также количество междоузлий. Первую группу растений поливали водой (контроль), вторую – разработанным нами удобрением, третью группу поливали конским гранулированным навозом, разведенным по инструкции. Полив удобрениями во второй и третьей группах проводили однократно, затем растения поливали водой по мере высыхания почвы.

Через 15 суток у растений были измерены те же параметры, вычислена разность между ними, проведена статистическая обработка с помощью Microsoft Office Excell.

Так как сирень обыкновенная является многолетним, относительно медленно растущим кустарником, то на 15 сутки достоверных различий между изменениями в длине и ширине третьего листа, а также в количестве междоузлий выявлено не было. В данной работе рассмотрены только результаты по изменению длины растений, представленные на рис. 1.

Полученное нами удобрение положительно повлияло на рост сирени «Небо Москвы». Не смотря на то, что прирост растений при обработке конским навозом был больше, чем при обработке нашим удобрением, достоверной разницы между группой, поливаемой навозом и контролем обнаружено не было. Однако в случае с сортом «Лунный свет» достоверной разницы в изменении роста сиреней при поливе нашим удобрением и водой выявлено не было. Тем не менее достоверная разница в изменении длины побегов сирени сорта «Небо Москвы» между первой и третьей группой позволяет говорить о положительном воздействии удобрения. Есть предположение, что при дальнейшем культивировании положительный эффект удобрения будет усиливаться. Ранее в опытах с быстрорастущими культурами, такими как томаты, редис, было выявлено положительное влияние полученного нами удобрения на всхожесть и рост побегов. Если влияние удобрения на всхожесть проявлялось при появлении первых побегов, то положительное влияние на длину побегов становилось значимым через 10–15 суток после прорастания семян, и затем положительный эффект удобрения усиливался.

В будущем планируется более длительное наблюдение за черенками сирени обыкновенной при адаптации, а также сравнение однократного и многократного воздействия удобрения на растения.

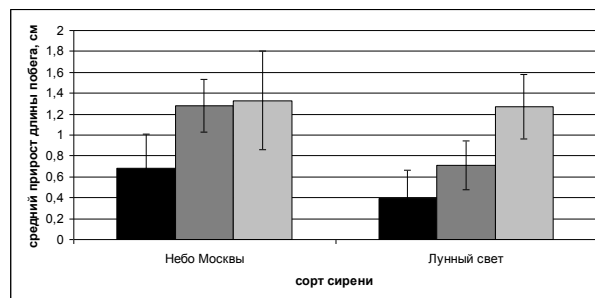


Рис. 1. Влияние удобрений на средний прирост длины побегов сирени обыкновенной. Условные обозначения: черные столбцы – контроль, темно-серые столбцы – полив удобрением, содержащем стрептомицеты, светло-серые столбцы – полив конским навозом

Таким образом, разработанное удобрение наряду с конским навозом положительно влияет на рост сирени обыкновенной в торфяно-песчаной смеси при адаптации после микроклонирования. Использование нового бактериального удобрения является безопасным, так как полностью известен и контролируется состав бактерий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mustafa Oskay. Comparison of *Streptomyces* diversity between agricultural and non-agricultural soils by using various culture media / Scientific Research and Essay Vol.4 (10), pp. 997-1005, October, 2009.
2. Macwan S. R., Dabhi B. K., Parmar S. C., Aparnathi K. D. 2017. Whey and its Utilization. In: Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci 5(8): 134–155.

УДК 635.656:631.8

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ПОЛЕВОГО ГОРОХА

О. В. МАЛАШЕВСКАЯ, ассистент,
И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, д-р с-х наук, профессор,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Беларусь

В Республике Беларусь повышение продуктивности растениеводства обеспечивается интенсификацией сельскохозяйственного производства, важной составляющей которого является использование минеральных удобрений и регуляторов роста [1].

Разработка новых форм микроудобрений позволяет уменьшить зависимость сельского хозяйства Беларуси от импортных поставок дорогостоящих препаратов и наладить собственное производство жидких концентрированных микроудобрений. Препараты биологического происхождения, получаемые на основе гуминовых веществ и регуляторы роста, свободно включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений. Применение составов, содержащих совместно микроэлементы в органоминеральной форме и биологически активные вещества, представляется наиболее эффективным средством повышения урожайности и качества продукции [2].

Применение микроудобрений является неразрывной составной частью мероприятий по повышению урожайности сельскохозяйственных культур, поскольку для нормального развития культур применения только минеральных или органических удобрений недостаточно. Некорневые подкормки способствует устранению дефицита микроэлементов в критические фазы роста и развития растений [3].

Цель исследований – изучить влияние применения новых форм удобрений для допосевого внесения, сочетания минеральных удобрений с регулятором роста Экосилом, многокомпонентным удобрением для некорневых подкормок (Кристалон), комплексным микроудобрением с регулятором роста (МикроСтим В) и инокулянта на урожайность полевого гороха сорта Зазерский усатый.

Опыты проводились в 2015–2017 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА», почва участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Реакция почвенной среды за годы исследований была слабокислая и близкая к нейтральной, содержание гумуса – низкое и среднее, содержание подвижного фосфора – высокое, калия – среднее и повышенное, среднее и высокое содержание бора и

среднее меди. По степени окультуренности почва относится к средне окультуренной. Предшественником гороха был овес. Норма высева семян 1,5 миллионов всхожих семян на гектар.

В фазе бутонизации проводились следующие обработки посевов: борной кислотой (300 г/га) и молибдатом аммония (80 г/га), микроудобрением Адоб В (содержит в 1л 150 г бора в органоминеральной форме) в дозе 0,33 л/га, регулятором роста Экосил (75 мл/га), комплексным микроудобрением с регулятором роста МикроСтим В (содержит в 1л 5 г азота, 150 г бора, 0,6–8,0 мг/л гуминовых веществ) – в дозе 0,33 л/га.

Использовали две обработки комплексным удобрением – Кристалон желтым, марки 13-40-13 и Кристалоном особым, марки 18-18-18 + 3MgO, которые проводились в дозе 2 кг/га в фазу выброса усов и начала образования бобов.

В опытах проводили исследование нового препарата для инокуляции семян гороха на основе специфических штаммов клубеньковых бактерий гороха *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* 27П. Препарат был разработан Институтом микробиологии НАН Беларуси. Инокуляция семян проводилась в день посева ручным способом в дозе 200 мл на гектарную норму высева семян.

Определение агрохимических показателей почвы и показателей качества урожая проводили согласно ГОСТ и ОСТ. Данные, полученные в полевых опытах и лабораторных исследованиях, обрабатывались дисперсионным методом анализов по Б. А. Доспехову с использованием специальных программ на компьютере.

Во время вегетации проводились фенологические наблюдения, определялась динамика накопления сухого вещества. Влияние макро- и микроудобрений, инокулянта, регуляторов роста и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на динамику накопления сухого вещества приведены в табл. 1. Более интенсивной динамика накопления сухой массы была в удобряемых вариантах. Наибольшая масса 100 сухих растений отмечалась в вариантах с применением на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ инокулянта для обработки семян, комплексного удобрения Кристалон, АФК с В и Мо, а также комплексного препарата на основе микроэлементов и регулятора роста МикроСтим В. В этих вариантах опыта отмечена и более высокая урожайность семян гороха.

Таблица 1. Динамика роста и накопления сухой массы

Варианты опыта	Масса 100 сухих растений, г			
	ветвление	бутонизация	цветение	образование бобов
1. Без удобрений	68,6	154,0	175,8	206,4
2. $N_{10}P_{40}K_{60}$	78,5	158,9	190,4	259,6
3. $N_{18}P_{63}K_{96}$ фон	84,6	166,9	209,4	260,0
4. $N_{30}P_{75}K_{120}$	81,7	174,0	211,1	283,7
5. $N_{18}P_{63}K_{96}$ (АФК с В и Мо)	86,8	184,0	217,1	314,7
6. Фон +В и Мо	81,9	178,5	215,0	273,6
7. Фон +Адоб В	83,1	181,2	222,0	316,2
8. Фон +Кристалон	86,8	189,7	221,3	320,7
9. Фон + Экосил	80,8	182,1	228,8	292,3
10. Фон+МикроСтим В	82,9	178,5	225,6	308,0
11. Фон+инокулянт	88,0	192,2	235,9	323,0
12. Фон+инокул.+МикроСтимВ	89,7	192,5	231,0	325,3
НСР ₀₅	2,1	2,2	3,0	3,7

Минеральные удобрения существенно повышали урожайность семян гороха (табл. 2). Внесение до посева $N_{10}P_{40}K_{60}$ увеличивало урожайность семян по сравнению с контролем на 7,7 ц/га, а $N_{18}P_{63}K_{96}$ – на 10,8 ц/га. В этих вариантах окупаемость 1 кг НРК кг семян составила в среднем за 3 года 7,0 и 6,0 кг.

Таблица 2. Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность семян гороха в среднем за 2015–2017 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг НРК, кг семян	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %
1. Без удобрений	17,7				159,7	22,8
2. $N_{10}P_{40}K_{60}$	25,4	7,7		7,0	168,5	23,1
3. $N_{18}P_{63}K_{96}$ фон	28,5	10,8		6,1	171,7	23,5
4. $N_{30}P_{75}K_{120}$	29,9	12,2	1,4	5,4	173,1	24,3
5. $N_{18}P_{63}K_{96}$ (АФК)	33,0	15,3	4,5	8,6	176,6	24,6
6. Фон+В и Мо	31,2	13,5	2,7	7,6	175,9	24,2
7. Фон + Адоб В	33,2	15,5	4,7	8,8	176,2	24,4
8. Фон + Кристалон	34,5	16,8	6,0	9,5	178,8	24,2
9. Фон + Экосил	33,2	15,5	4,7	8,8	177,8	24,3
10. Фон+МикроСтимВ	33,0	15,3	4,5	8,6	177,0	24,0
11. Фон+Инокулянт	36,6	18,9	8,1	10,7	183,6	24,4
12. Фон+Инокулянт+ МикроСтим В	37,1	19,4	8,6	11,0	184,4	25,2
НСР ₀₅	1,2				1,2	0,7

Увеличение доз минеральных удобрений до $N_{30}P_{75}K_{120}$ способствовало дальнейшему повышению урожайности семян гороха, при этом снижалась окупаемость 1 кг НРК кг семян. Применение до посева АФК с В и Мо марки 6-21-32 по сравнению с вариантом с эквивалентными дозами стандартных удобрений, повышало урожайность семян гороха на 4,5 ц/га.

Эффективными оказались некорневые подкормки микроэлементом бором при использовании жидких микроудобрений Адоб В и МикроСтим В. Урожайность семян в этих вариантах опыта возрастала по сравнению с фоном $N_{18}P_{63}K_{96}$ на 4,7 и 4,5 ц/га. При двукратной обработке посевов гороха комплексным удобрением Кристалон урожайность семян по сравнению с фоновым вариантом возросла на 6,0 ц/га. Достаточно высокая урожайность семян гороха (33,0 и 34,5 ц/га) и окупаемость 1 кг НРК кг семян (8,6 и 9,5 кг) отмечена в вариантах с применением АФК с В и Мо и Кристалона на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$.

Инокуляция семян гороха инокулянтom на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ и $N_{18}P_{63}K_{96}$ + МикроСтим В повышала урожайность семян на 8,1 и 8,6 ц/га. В этих вариантах опыта получена максимальная урожайность семян гороха (37,1–36,6 ц/га) и содержание сырого белка.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение АФК с В и Мо повышало урожайность семян посевного гороха по сравнению с внесением аммофоса и хлористого калия в эквивалентных по азоту, фосфору и калию дозах на 4,5 ц/га.

Обработка посевов Адоб В и МикроСтим В на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ повышала урожайность семян гороха на 4,7 и 4,5 ц/га, а Экосилом и Кристалоном – на 4,7 и 6,0 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки : БГСХА, 2016. – 383 с.
2. Применение комплексных гуминовых микроудобрений «ЭлеГум»: рекомендации / М. В. Рак, В. В. Лапа, Г. А. Соколов [и др.]. – Ин-т природопользования и Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2013. – 28 с.
3. Булигін С. Ю. та ін. М 59. Мікроелементи в сільському господарстві: 3-є вид. Доповнене. – Д., Січ; 2007. – 100 с.

УДК 631.33

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВНЕСЕНИЕМ ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. А. МИЛЮТКИН, д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Самарская ГСХА»,
г. Кинель, Самарская обл., Россия,
В. Э. БУКСМАН, доктор-инженер,
компания «AMAZONEN-Werke»,
г. Хасберген, Германия

В работе рассмотрена и представлена концепция создания сельхозмашин для внесения минеральных удобрений сельхозмашиностроительным предприятием АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании «AMAZONE-Werke» с последними разработками по внутривспашечному внесению жидких минеральных удобрений.

Многие зарубежные сельхозмашиностроительные компании и некоторые отечественные усиливают работу по созданию новых комбинированных машин для внесения по разным технологиям минеральных удобрений [1–5], в том числе и в жидкой форме [6]. Сегодня необходимы кардинальные меры для повышения плодородия почв в России увеличением внесения удобрений всех видов [7].

В исследовательской информационно-аналитической научной работе рассматривается технологии и сельхозмашины для внесения жидких минеральных удобрений одновременно с посевом с широким использованием сеялочных агрегатов фирмы AMAZONE для посева зерновых по No-Till, Mini-Till [8].

Научный подход к решению данной проблемы основывается на совместных исследованиях в России компанией «AMAZONE – Werke» и Самарской государственной сельскохозяйственной академии [9–16].

Последней актуальной новинкой компании «AMAZONEN-Werke», по настоятельным запросам аграриев России, является создание на предприятии в г. Самара – АО «Евротехника» универсального агрегата для внесения жидких удобрений FDC 6000 (рис. 1).



Рис. 1. Универсальный агрегат FDC 6000 с сеялкой Primera DMC 9000, оборудованной системой подачи жидких удобрений под анкерный сошник

Агрегат состоит из 2 баков по 3000 л с общим объемом 6000 л для жидких минеральных удобрений, автономного лопастного насоса для наполнения баков жидкими минеральными удобрениями, рабочего насоса с приводом от фрикционного колеса, при этом агрегат работоспособен при рабочей скорости до 20 км/ч с возможными нормами внесения от 40 до 300 л/га.

Агрегат FDC 6000 имеет многочисленные возможности применения с различными сеялками компании «AMAZONEN-Werke» для точного высева пропашных культур (подсолнечник, кукуруза, соя и т.п.) EDX 9000-TC (шириной захвата 9 м), а для зерна – высокопроизводительными сеялками для прямого, мульчирующего и традиционного посевов DMC 9000 и DMC 12000 (шириной захвата 9 и 12 м) и высокопроизводительными сеялками также для прямого, мульчирующего и традиционного посевов Condor 12000 и Condor 15000 (шириной захвата 12 и 15 м). Дополнительно к тяговому усилию на перемещение сеялок для агрегата FDC 6000 в полностью заправленном состоянии требуется тяговое усилие 50 л.с.

Широко распространенная в России высокопроизводительная сеялка Primera DMC (рис. 1) предназначена в основном для прямого и мульчированного посева, с особой эффективностью данная сеялка используется в засушливых регионах. Рабочие органы сеялки, представляющие собой долотовидные сошники на параллелограммной подвеске, постоянно копируют рельеф почвы, при этом сошники имеют защиту от камней с конструктивной возможностью вертикального и горизонтального отклонения от них.

Сеялка Primera DMC выпускается с шириной захвата 3; 4,5; 6; 9 и 12 м и объемами семенных бункеров 4200 и 6000 л.

Для агрегатирования универсального агрегата FDC 6000, обеспечивающего подачу жидких минеральных удобрений в зону высеваемых семян, рекомендуется использовать с наибольшей эффективностью сеялки Primera DMC шириной захвата 9 и 12 м. При этом жидкие минеральные удобрения насосом под давлением из универсального агрегата FDC 6000 по специальной гидротрассе подаются за долотовидные сошники и впрыскиваются в почву (рис.1).

Также агрегатом для посева сельскохозяйственных культур с одновременным внесением жидких минеральных удобрений агрегатом FDC 6000 с возможностью одновременного внесения твердых минеральных удобрений по технологиям No-Till, Mini-Till является сеялка с долотовидными сошниками Condor как для прямого посева так и для мульчированного (рис. 2).

Сеялка Condor в основном разработана для прямого посева для специального применения по стерне. Как при мульчированном посеве, так и по прямом посеве по стерне чрезвычайно важно, чтобы удобрения располагались в почве под растительными остатками, с целью предотвращения потерь некоторых видов удобрений (например КАРБАМИД) за счет испарения. Научные исследования в регионах Канады и России (г. Самара) показали, что при посеве пшеницы по такой технологии возможна подача 30 кг/га в действующем веществе, при посеве рапса – около 25 кг/га.

Работа сеялки Condor осуществляется за счет долотообразных сошников с независимой подвеской. При использовании сеялки Condor на посеве с дополнительным внесением жидких минеральных удобрений, при ее конструктивных возможностях внесения твердых минеральных удобрений одновременно с посевом, продуктопроводы размещаются сзади сошников и через них в образовавшуюся при работе борозду вносятся удобрения под давлением из 6-кубовой емкости специальными насосами (рис. 2).

Для составления удобрительно-посевного агрегата из FDC и Condor рекомендуется использовать сеялки шириной захвата 12 и 15 метров.

Компания «AMAZONEN-Werke» при решении проблемы внесения жидких минеральных удобрений – ЖМУ одновременно с посевом выбрала, на наш взгляд, наиболее эффективную конструктивно-технологическую схему использования вновь созданного и изготавливаемого в России (г. Самара) на предприятии АО «Евротехника» универсального агрегата FDC 6000 в комплектации с зерновыми и

пропашными сеялками, выпускаемыми как в Германии – на головном предприятии AMAZONE, так и в России – на предприятии АО «Евротехника».



Рис. 2. Универсальный агрегат FDC 6000 с сеялкой Condor 12000 с долотовидными сошниками для прямого посева и приспособлением для одновременного внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений

При этом сеялочные агрегаты, поставляемые в Россию, а также производящиеся в России компанией AMAZONE по запросам российских аграриев, укомплектованы соответствующими емкостями – бункерами для загрузки их твердыми минеральными удобрениями, вносимыми одновременно с посевом. Таким образом машинно-тракторные посевные комплексы с универсальным агрегатом FDC 6000 для жидких удобрений и сеялками: пропашными EDX 9000-ТС и зерновыми DMC 9000, DMC 12000, Condor 12000 и Condor 15000 получают значительно большие возможности по созданию благоприятных условий для семян сельскохозяйственных культур, высеваемых с одновременным внесением как твердых, так и жидких минеральных удобрений, сочетающих различные основные элементы (N, P, K) и микроэлементы в твердой и жидкой фазах, что естественным образом способствует интенсивному развитию сельскохозяйственных культур с получением большой урожайности с высоким качеством продукции.

При объеме емкости агрегата FDC 6000 для жидких минеральных удобрений 6000 литров сеялочный агрегат EDX 9000-ТС для пропашных культур имеет бункер для твердых минеральных удобрений объемом 800 литров и для семян 5000 литров, зерновая сеялка DMC 9000 имеет соответственно 1050 и 3150 литров, сеялка DMC 12000 – соответственно 1500 и 4500 литров, сеялки Condor 12000 и Condor 15000 имеют одинаковые по вместимости для удобрений и семян – соответственно 3000 и 5000 литров. Если сев сельскохозяйственных культур проводится одновременно только с жидкими минеральными удобрениями - то бункеры из-под твердых минеральных удобрений заполняются семенами высеваемых культур, то есть объемы частей бункера суммируются.

При этом, зная объем бункеров для семян и норму высева той или иной сельскохозяйственной культуры, рекомендуемые нормы для предпосевного внесения минеральных удобрений с учетом их концентрации и потребности при планировании урожайности, исходя из плодородия почвы и финансово-организационных возможностей предприятия по использованию различных видов минеральных удобрений с учетом их внутрипочвенной (более прогрессивном способе внесения по сравнению с разбросным внесением) заделке, гарантированно, причем значительно, будет повышена урожайность сельскохозяйственных культур и качество получаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милюткин В. А., Канаев М. А., Буксман В. Э. и др. Формирование рационального состава наиболее эффективных разбрасывателей минеральных удобрений для агропредприятий. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 6. С.111–114.
2. Милюткин В. А., Буксман В. Э. Внутрипочвенное внесение удобрений агрегатом X TENDER с культиватором CENIUS при высокоэффективном влагонакоплении. В сборнике: Аграрная наука сельскому хозяйству – сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. 2017. С. 41–43.
3. Милюткин В. А., Ларионов Ю. В., Канаев М. А. Способ и устройство для внесения удобрений при культивировании. Патент на изобретение. RU 2376743. 27.08.2007.
4. Милюткин В. А., Канаев М. А. Совершенствование технических средств для внесения удобрений. В сборнике: Аграрная наука сельскому хозяйству – сборник статей в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. 2016. С. 36–37.
5. Буксман В. Э., Милюткин В. А. Высокопроизводительный комбинированный почвообрабатывающе – удобрительный агрегат фирмы «AMAZONEN - Werke». В сборнике: Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию профессора С. Х. Дзаганова. 2017. С. 202–204.
6. Милюткин В. А., Буксман В. Э. Повышение эффективности опрыскивателей для внесения жидких минеральных удобрений. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. №1(69). С.119–122.
7. Милюткин В. А., Милюткин А. В., Золотарев И. Н., Шишкевич М. Ю. Нужны неотложные меры по воспроизводству плодородия почв // Земледелие. 1998. № 6. С. 16–17.

8. Милюткин В. А., Соловьев С. А., Макаровская З. В. Оптимизация машинно-тракторного парка агропредприятия при выборе сельхозмашин (сеялок) по основным технико - технологическим показателям // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 122–124.
9. Милюткин В. А., Стребков Н. Ф., Соловьев С. А., Макаровская З. В. Технические решения для технологий no-till и strip-till // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 6 (50). С. 61–63.
10. Милюткин В. А., Толпекин С. А., Орлов В. В. Энерго-ресурсо-влагосберегающие технологии в земледелии и рекомендуемые комплексы машин. В сборнике: Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях – материалы международной научно – технической конференции: В 5 частях. 2016. С. 232–236.
11. Милюткин В. А., Толпекин С. А., Буксман В. Э. Приоритетные конструктивные и технологические особенности опрыскивателей для защиты растений при техперевооружении агропредприятий АПК. Нива Поволжья. 2018. № 1 (46). С. 97–102.
12. Милюткин В. А. Эффективность комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата АУП-18 // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1996. №3. С. 5–7.
13. Милюткин В. А., Толпекин С. А. Эффективное функционирование АПК при инновационных технологиях в земледелии No-Till, Mini-Till машинами для обработки почвы компании «AMAZONEN-Werke» (Германия) в России. В сборнике: Формирование организационно- экономических условий эффективного функционирования АПК. Сборник статей X Международной научно-практической конференции. 2018. С. 258–263.
14. Милюткин В. А., Буксман В. Э., Толпкин С. А. Эффективность сельхозмашиностроительной компании в многопрофильности высококачественной продукции, современной организации поставок и техсервисе. В сборнике: НАУЧНЫЕ ИННОВАЦИИ-АГРАРНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Омского ГАУ. 2018. С. 261–265.
15. Буксман В. Э., Милюткин В. А., Антонов А. А. Сеялки фирмы «AMAZONEN-Werke» для альтернативных технологий возделывания подсолнечника. В сборнике: Инновационная деятельность в модернизации АПК. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 частях. 2017. С. 188–191.
16. Милюткин В. А., Буксман В. Э. Внедрение высокоэффективных мировых технологий в земледелии с использованием техники совместного производства в России. В сборнике : Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». 2017. С. 199–203.

УДК 631.31.333.816

АКТУАЛЬНОСТЬ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-УДОБРИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ С БОЛЬШЕОБЪЕМНЫМ ТУКОВЫМ БУНКЕРОМ

В. А. МИЛЮТКИН, д-р техн. наук, профессор,
Ю. А. САВЕЛЬЕВ, С. А. ТОЛПЕКИН, технолог,
А. А. ПЕРФИЛОВ, аспирант,
ФГБОУ ВО Самарская ГСХА,
г. Кинель, Самарская обл., Россия,
В.Э. БУКСМАН, доктор-инженер,
Компания «AMAZONEN-Werke»,
г. Хасберген, Германия

В статье представлен информационно-аналитический анализ прогрессивного совершенствования технологий обработки почвы с поверхностным внесением и заделкой в мульчирующий слой минеральных удобрений дисковыми боронами «Catros» и ярусным внесением удобрений культиватором «Cenius» с помощью большеобъемного (4,2 м³) бункера для удобрений X-Tender немецкой компании «AMAZONEN-Werke» и ее предприятия в России (г. Самара) АО «Евротехника» – ведущего предприятия по поставкам прицепной техники АПК РФ.

Несмотря на наращиваемые объемы внесения минеральных удобрений в последние годы, наметившееся падение плодородия почв в Российской Федерации продолжает нарастать, что требует совершенствования как технологий возделывания сельхозкультур – Mini-Till, Strip-Till, No-Till [1-9], так и сельхозмашин с обязательным дальнейшим увеличением объемов внесения различных видов и типов удобрений с эффективным использованием незерновой массы возделываемых сельскохозяйственных культур при ресурсосберегающих технологиях. При этом более эффективно, по имеющимся научным данным и многолетним совместным исследованиям Самарской государственной сельскохозяйственной академии с немецкой компанией «AMAZONEN-Werke», вносить удобрения внутривспашочно [8–10] с соответствующим совершенствованием рабочих органов и машин в целом для обработки почвы с одновременным внесением удобрений.

При широком внедрении в СССР и РФ безотвальной – энергоресурсосберегающей технологии возделывания сельхозкультур [5-8] разрабатывались и серийно выпускались комбинированные почвообрабатывающе-удобрительные машины с плоскорезными рабочими органами – КПП-2,2А, ГУН-4 и др., главным недостатком которых было: малый объем емкостей для туков и частые технологические остановки для засыпки удобрений, что в целом значительно снижало производительность агрегатов.

С учетом данных недостатков мировое сельхозмашиностроение стало создавать сложные сельскохозяйственные агрегаты, состоящие из отдельного бункера для удобрений с большим объемом и комбинированных прицепных (навесных) почвообрабатывающе-удобрительных сельхозмашин.

Примером таких эффективных машин являются разработки компании «AMAZONEN-Werke», представляющей российскому АПК комплектацию из агрегата с большеобъемным ($4,2 \text{ м}^3$) бункером X-Tender и культиватор мульчирующий с комбинированными рабочими органами для ярусного внесения минеральных удобрений Cenius различной ширины захвата в зависимости от тяговых возможностей энергетических средств – тракторов [10] (рис. 1).



Рис. 1. Почвообрабатывающе-удобрительный комбинированный агрегат компании «AMAZONEN-Werke», состоящий из бункера X-Tender-4,2 и культиватора мульчировщика-глубокорыхлителя Cenius

Агрегат для удобрений в зависимости от мощности и веса трактора выпускается в навесном варианте – X-Tender и прицепном – на пневмоходу – X-TenderT с одинаковой по объему ($4,2 \text{ м}^3$) емкостью и пневмосистемами по транспортированию удобрений к рабочим органам почвообрабатывающих машин. Минеральные удобрения из агрегата X-Tender (Т) под давлением поступают в рыхлительные рабочие органы культиватора Cenius и с помощью специального приспособления переключаются для работы по следующим технологическим схемам: 1 – 100 % удобрений вносится на глубину обработки почвы рыхлителями; 2–50 % удобрений вносится на глубину обработки почвы рыхлителями, а другие 50 % – поверхностно, что значительно улучшает эффективность работы почвообрабатывающе-удобрительного агрегата и его универсальность.

Агрегат X-Tender-4,2 с культиватором Cenius обеспечивает эффективное возделывание сельхозкультур по технологии Mini-Till при обработке почвы с сохранением стерни зерновых культур.

Кроме этого, в системе ресурсосберегающих технологий АПК РФ широко используются почвообрабатывающие машины с дисковыми рабочими органами, после прохода которых создается требуемый по агротехнологии мульчирующий слой. Производимые АО «Евотехника» (г. Самара) и поставляемые агропредприятиям России дисковые бороны немецкой компании «AMAZONEN-Werke» – «Catros» с широкой гаммой ширины захвата в навесном и прицепном вариантах с перспективными элементами конструкций так же комплектуются специальным оборудованием для мелкой обработки почвы с одновременным внесением минеральных удобрений (рис. 2) при агрегатировании со специализированным большеобъемным бункером для минеральных удобрений – X-TenderT [10].



Рис. 2. Почвообрабатывающе-удобрительный агрегат: X-TenderT + Catros

В данном варианте удобрения по тукопроводу от агрегата X-Tender(T) поступают в рабочую зону дисковых борон «Catros», где они смешиваются с обработанной дисками почвой, повышая ее плодородие, и обеспечивая необходимыми питательными элементами более лучшие всходы семян, интенсивную вегетацию сельхозкультур, в принципе, планируемый высокий урожай при точном соблюдении технологии и возможных благоприятных погодных условиях.

Исследования Самарской ГСХА и компании «AMAZONEN-Werke» с использованием специальной установки – культиватор плоскорез-глубокорыхлитель PEGASUS, оборудованный туковыми ящиками, тукопроводами и системой подпочвенного разбросного внесения удобрений под культиваторные лапы, показали преимущество данной технологии по сравнению с поверхностным разбрасыванием

удобрений, что стимулировало компанию к разработке и серийному выпуску агрегатов X-Tender (навесной) и X-TenderT (прицепной) для обеспечения внесения минеральных удобрений внутрипочвенно поярусно с помощью мульчирующего глубокорыхлителя Cenius и в верхний слой почвы – дисковыми боронами Catros [1–15].

Для повышения урожайности и качества продукции возделываемых сельскохозяйственных культур при совершенствовании технологии обработки почвы и внесения удобрений высокоэффективно внутрипочвенное внесение удобрений как в верхний мульчированный почвенный слой, так и в более глубокие слои почвы.

Для обеспечения внутрипочвенного внесения удобрений одновременно с обработкой почвы немецкая компания «AMAZONEN-Werke» для агропромышленного комплекса, в том числе и российского, разработала и выпускает серийно агрегат X-Tender для работы с культиватором Cenius и дисковыми боронами Catros.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милюткин, В. А., Энерго-ресурсо-влагосберегающие технологии в земледелии и рекомендуемые комплексы машин / В. А. Милюткин, С. А. Толпекин, В. В. Орлов // В сборнике: «Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях» Материалы международной научно-практической конференции: в 5 частях. – 2016. – С. 232–236.
2. Милюткин, В. А. Система механизации и управления плодородием почвы / В. А. Милюткин, М. А. Канаев, М. А. Кузнецов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С. 34–39.
3. Буксман, В. Э. Совершенствование конструкций рабочих органов и агрегатов для внутрипочвенного внесения минеральных удобрений / В. Э. Буксман, В. А. Милюткин, А. А. Перфилов, М. М. Константинов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №2(70). – С. 127–130.
4. Милюткин, В. А. Нужны неотложные меры по воспроизводству плодородия почв / В. А. Милюткин, А. В. Милюткин, И. Н. Золотарев, М. Ю. Шишкевич // Земледелие. – 1998. – №6. – С. 16–17.
5. Милюткин, В. А. Технические решения для технологий NO-TILL и STRIP-TILL / В. А. Милюткин, Н. Ф. Стребков, С. А. Соловьев, З. В. Макаровская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №6 (50). – С. 61–63.
6. Милюткин, В. А. Эффективность комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата АУП-18 / В. А. Милюткин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1996. – №3. – С. 5–7.
7. Милюткин, В. А. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений комбинированным агрегатом при энерго-ресурсосберегающих технологиях / В. А. Милюткин, А. В. Милюткин, М. А. Беляев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №4. С. 73–74.
8. Милюткин, В. А. Способ и устройство для внесения удобрения при культивировании. – Патент на изобретение. – RU 2376743. – 27.08.2007.
9. Милюткин, В. А. Совершенствование технических средств для внесения удобрений / В. А. Милюткин, М. А. Канаев // В сборнике: Аграрная наука - сельскому хозяйству. Сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. – 2016. – С. 36–37.
10. Милюткин, В. А. Внутрипочвенное внесение удобрений агрегатом с культиватором при высокоэффективном влагонакоплении / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // В сборнике: Аграрная наука - сельскому хозяйству. Сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 41–43.
11. Милюткин, В. А. Эффективная политика аграрных машиностроительных фирм в развитии интеллектуальных технологий в земледелии (на примере совместной деятельности компании «AMAZONEN-Werke» (Германия) в России АО «Евротехника» (Самара)) / В. А. Милюткин // Агрофорсайт. – 2017. – № 2. – С. 1–5.
12. Милюткин, В. А. Возможности повышения продуктивности сельхозугодий влагосберегающими технологиями высокоэффективной техникой «AMAZONEN-Werke» / В. А. Милюткин, А. П. Цирулев // В сборнике: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА. Материалы международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства РФ; Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. – 2016. – С. 220–224.
13. Милюткин, В. А. Энерго-ресурсо-влагосберегающие технологии в земледелии и рекомендуемые комплексы машин / В. А. Милюткин, С. А. Толпекин, В. В. Орлов // В сборнике: Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях. Материалы международной научно-практической конференции: в 5 частях. – 2016. – С. 232–236.
14. Буксман, В. Э. Совершенствование технологий и технических средств для влагонакопления и повышения плодородия почвы / В. Э. Буксман, В. А. Милюткин, С. А. Толпекин // В сборнике: АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАМКАХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, доктора с.-х. наук, профессора Ю. Г. Скрипникова. – 2016. – С. 256–259.
15. Милюткин, В. А. Почвозащитные сельскохозяйственные технологии и техника для возделывания сельскохозяйственных культур / В. А. Милюткин, Н. В. Долгоруков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №3. – С. 37–44.

СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. А. МИЛЮТКИН, д-р техн. наук, профессор,
С. А. ТОЛПЕКИН, технолог,
ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Самара, Россия,
В. Э. БУКСМАН, доктор-инженер,
компания «AMAZONEN-Werke»,
г. Хасберген-Гасте, Германия

Использование полевых опрыскивателей для внесения жидких минеральных удобрений – ЖМУ – актуально, в связи с чем проведено обоснование наиболее эффективных опрыскивателей, выпускаемых компанией «AMAZONEN-Werke» (Германия) и ее заводом в РФ (г. Самара) - ЗАО «Евротехника» для агропредприятий различного уровня по критериям объёма ёмкости, ширины захвата, производительности. Изучив марочный состав выпускаемых фирмой «AMAZONEN-Werke» прицепных и самоходных опрыскивателей [1], результаты совместных с Самарской государственной сельскохозяйственной академией исследований [2–14] составлена их классификация по производительности и технико-технологическим возможностям (табл. 1).

В таблице приведена производительность опрыскивателей за 1 час чистого времени на рекомендуемых фирмой рабочих скоростях без технологических остановок, составляющих от 30 % до 40 % времени, которые соответственно снижают эксплуатационную производительность.

Проведенный анализ конструкций опрыскивателей фирмы позволил их сгруппировать по рабочей ширине, фактическому объёму бака для раствора и производительности. Зная производительность агрегатов, с учетом имеющихся на агропредприятиях энергетических средств – тракторов или приобретаемых специально для достаточно насыщенных в летнее время технологических операций – опрыскивание посевов, внесение ЖМУ на основе плана полевых работ, рассчитывается количество опрыскивателей для конкретного предприятия с учетом его величины, структуры производства, размеров и конфигурации полей. Главными при расчетах являются агросроки, нормы внесения удобрений, а также выработка за одну заправку опрыскивателя удобрениями, производительность опрыскивателей и их наработка за конкретный агротехнический срок и за сезон.

Таблица

Классификация опрыскивателей для химической обработки посевов фирмы «AMAZONEN-Werke» и ее завода в России АО «Евротехника» Марка, индекс опрыскивателя (вид агрегатирования)	Ширина захвата, м	Фактический объем бака для раствора, л	Производительность агрегата, га/ч, без учета эксплуатационных и технологических остановок
UF (навесной)	12–28	900, 1200, 1500, 1800	7,2 – 33,6 при рабочей скорости 6–12 км/ч
UX (прицепной) UX 3200 Special UX 4200 Special UX 3200 Super UX 4200 Super UX 5200 Super UX 6200 Super UX 11200 Super UG Special	18–24	3200 4200	7,2 – 43,2 при рабочей скорости 4–18 км/ч
	18–40	3200	7,2 – 72
		4200	
		5200	
		6200	
	24–40	11200	9,6 – 72,0
	15–28	2200/3000	6,0 – 54,0
Pantera (самоходный)	24–40	4500	48 – 80 при рабочей скорости до 20 км/ч

С учетом этого нами составлена номограмма (рис. 1). Зная объем баков для раствора и норму внесения ЖМУ при различных технологиях, можно рассчитать время работы удобрительного агрегата-опрыскивателя за одну заправку, что очень важно при логистике доставки и заправке опрыскивателя удобрениями в поле в зависимости от удаленных складов и заводов-производителей. Чем больше этот период, зависящий от емкости бака для раствора, тем выше производительность агрегата и меньше влияние на нее технологических простоев из-за отсутствия заправщиков.

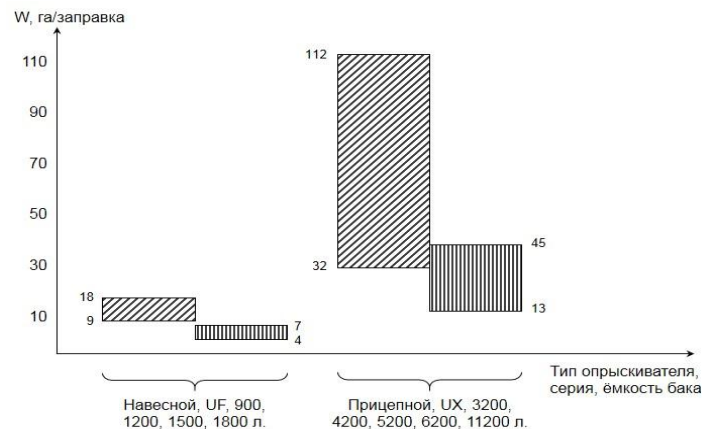


Рис. 1. Выработка на внесении жидких минеральных удобрений ЖМУ (ЖКУ, КАС) за одну заправку специально-оснащёнными опрыскивателями компании «AMAZONEN-Werke» (Германия) и её завода в России – ЗАО «Евротехника» (г. Самара)

 – норма внесения 100 л/га;  – норма внесения 250 л/га.

По агрономическим рекомендациям нормы внесения жидких минеральных удобрений в растворе при весенне-летне-осенних подкормках составляет 100 л/га, при внесении жидких минеральных удобрений под зяблевую обработку осенью рекомендуемая норма внесения ЖМУ составляет 250 л/га. Из построенной номограммы (рис. 1) видно, что наиболее эффективными опрыскивателями для внесения жидких минеральных удобрений являются прицепные опрыскиватели компании «AMAZONEN-Werke» и её завода в России (г. Самара) – ЗАО «Евротехника» серии UX с емкостями баков для раствора 3200, 4200, 5200, 6200, 11200 л.

При обработке полей раствором с ЖМУ с нормой 100 литров на гектар на одной заправке опрыскиватель UX-3200 (емкость 3200 л) может обработать 32 гектара, а опрыскиватель UX-11200 с максимальной технологической емкостью 11200 л на одной заправке сможет внести жидкие минеральные удобрения в растворе на площадь 112 га. При повышенных нормах внесения осенью 250 л/га эти опрыскиватели смогут обработать жидкими минеральными удобрениями в растворе соответственно 13 и 45 га жидких удобрений.

Компания AMAZONE предлагает крупнокапельное распределение жидких удобрений через многоструйные форсунки (с 3, 5, или 7 отверстиями) или язычковые форсунки с плоским факелом распыла (FD). Для штанг Super-S поставляется отдельный комплект навесных шлангов. Алюминиевые профили для подвески шлангов устанавливаются на штангах просто и быстро (рис. 3).



Рис. 2. Штанги Super-S и навесные шланги на опрыскивателе AMAZONE

Штанги Super-L могут под заказ оснащаться второй рабочей магистралью. Смещенные корпуса форсунок позволяют навешивание шлангов на расстоянии 25 см друг от друга.

Навесные шланги используются для безопасного позднего внесения жидких удобрений. Грузы улучшают положение навесных шлангов в обрабатываемой культуре [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Продукция компании AMAZONE. Компетентное консультирование. AMAZONE ООО. – Подольск, 2015. – С. 96.
2. Милюткин, В. А. Нужны неотложные меры по воспроизводству плодородия почв / В. А. Милюткин, А. В. Милюткин, И. Н. Золатарев, М. Ю. Шишкевич // Земледелие. – 1998. – №6. – С. 16–17.

3. Милюткин, В. А. Эффективные технологические приемы в земледелии, обеспечивающие оптимальное влагонакопление в почве и влагопотребление / В. А. Милюткин, Г. А. Кнурова, В. С. Стеновский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №6(56). – С. 69–72.
4. Милюткин, В. А., Казаков, Г. И., Цирулев, А. П. и др. Повышение продуктивности сельхозугодий внутрипочвенным внесением удобрений при точном (координатном земледелии) / В. А. Милюткин, Г. И. Казаков, А. П. Цирулев и др. – Самара. – 2013. – С. 270.
5. Милюткин, В. А. Технические решения для технологий NO-TILL и STRIP-TILL / В. А. Милюткин, Н. Ф. Стребков, С. А. Соловьев, З. В. Макаровская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №6(50). – С. 61–63.
6. Милюткин, В. А. Система механизации мониторинга и управления плодородием почвы в режиме ON-LINE / В. А. Милюткин, М. А. Канаев, М. А. Кузнецов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С. 34–39.
7. Милюткин, В. А. Разработка машин для подпочвенного внесения удобрений на основании агробиологических характеристик растений / В. А. Милюткин, М. А. Канаев, А. В. Милюткин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №4. – С. 9–13.
8. Милюткин, В. А. Эффективность комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата АУП-18 / В. А. Милюткин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1996. – №3. – С. 5–7.
9. Милюткин, В. А. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений комбинированным агрегатом при энерго-ресурсосберегающих технологиях / В. А. Милюткин, А. В. Милюткин, М. А. Беляев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №4. – С. 73–74.
10. Милюткин, В. А. Внутрипочвенное внесение удобрений агрегатами XTENDER с культиватором CENIUS TX при высокоэффективном влагонакоплении / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // В книге «Аграрная наука – сельскому хозяйству», сборник статей: в 3 книгах, Алтайский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 41–46.
11. Милюткин, В. А. The highly efficient unit for in-soil fertilizer application xtender with cultivator cenius - tx (AMAZONEN-Werke, jsc "evrotehnika") technology no-till, mini-till and the crest-ridge / В. А. Милюткин, В. Э. Буксман // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК Материалы XIV Международной научной конференции. – 2017. – С. 488–493.
12. Милюткин, В. А. Разработка технических средств мониторинга плодородия почв с исследованием эффективности дифференцированного внесения удобрений при точном земледелии / В. А. Милюткин, М. А. Канаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (64). – С. 92–95.
13. Милюткин, В. А. эффективная политика аграрных машиностроительных фирм в развитии интеллектуальных технологий в земледелии (на примере совместной деятельности компании «AMAZONEN – Werke» (Германия) в России – АО «Евротехника» (Самара)) / В. А. Милюткин // Агрофорсайт. – 2017. – № 2. – С. 1–5.
14. Милюткин, В. А., Ларионов, Ю. В., Канаев, М. А. Способ и устройство для внесения удобрения при культивации. – Патент на изобретение RU 2376743. 27.08.2007.
15. AMAZONE : Профессионал во внесении жидких удобрений // AMAZONE UX. Электронный ресурс www.newtechagro.ru. ООО Ньютех агро, диллер AMAZONE. – С.27.

УДК 633.321:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

О. И. МИШУРА, канд. с.-х. наук, доцент,
Е. И. ВИЛЬДФЛУШ, старш. науч. сотрудник,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Клевер луговой самая распространенная культура из многолетних бобовых трав, наиболее приспособленная к погодным и почвенным условиям республики. В Беларуси площади посева клевера лугового составляют 400 тыс. га в смесях трав и почти 200 тыс. га в чистом виде. Посевы клевера лугового при минимальных затратах способны давать до 700 ц/га зеленой массы и 120 ц/га сена. В 1 кг сухого вещества сенажа из клевера содержится 0,98 к. ед., 142 г переваримого протеина, т. е. по питательности он приближается к концентратам [1].

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Разработан ряд новых микроудобрений в хелатной форме, эффективность которых существенно выше, чем простых солей микроэлементов. Большой интерес представляют комплексные препараты на основе микроудобрений и регуляторов роста, которые за один прием внесения микроэлементов и регуляторов роста позволяют существенно снизить затраты на применение средств химизации [2]. Управление ростом и развитием растений при помощи регуляторов роста приобретает актуальное значение в связи с тем, что они повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям и позволяют существенно увеличить урожайность и качество урожая при минимальных затратах [3].

Целью исследований было изучение влияния макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клевера лугового.

Исследования с клевером проводили в 2012–2013 гг. на дерново-подзолистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком, на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытных участков имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию, среднее содержание гумуса, повышенное подвижного фосфора, среднее и повышенное калия.

Определение агрохимических показателей почвы и качества урожая клевера производили общепринятыми методиками согласно ГОСТа и ОСТА. Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа на ЭВМ. Общая площадь делянки в опытах 36 м², учетная – 24,7 м², повторность четырехкратная, способ учета урожая сплошной, поделяночный. Клевер сорта ТОС высевался сеялкой СПУ –3 под ячмень с нормой высева семян 10 кг/га.

Минеральные удобрения применяли в форме аммонизированного суперфосфата и хлористого калия. Некорневые подкормки клевера ЭлеГум-В (150 г/л, 10 г/л гуминовых веществ), ЭлеГум Си (50 г/л Си, 10 г/л гуминовых веществ), МикроСил-Медь (73 г/л Си, 50 г/л N, 12,0 мл/л экосила), МикроСил-Бор (40,0 г/л В, 130 г/л N, 30,0 мл/л экосила), Адоб-В (в одном литре – 150 г В). ЭлеГум-В и МикроСил-Медь, Бор вносились в дозе 1 л/га, молибдат аммония 0,08 кг/га и борная кислота 0,6 кг/га в фазе отрастания клевера. Регуляторы роста эпин применялся в дозе 80 мл/га и экосил – 50 л/га в фазе отрастания клевера.

Эпин – препарат на основе эпибрасинолида, который относится к классу природных фитогормонов – брасиностероидам. Действующее начало препарата: 2а,3а,22R, 23R-тетраокси- В гомо – 7 – окса- 24R – метил – 5а – холестеран – 6 – ОН. Синонимы: эпибрасинолид, 24R – брасинолид. Он является биорегулятором роста и развития растений, антистрессовым адаптогеном, который повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды (погодные условия, болезни, ядохимикаты и т.п.). Отличительной особенностью брасиностероидов является действие на рост и развитие растений в очень малых концентрациях. Производится в Беларуси. Среднетоксичен для теплокровных, практически безопасен для пчел.

Экосил – регулятор роста и индикатор иммунитета растений. Действующее вещество – сумма три-терпеновых кислот. Препаративная форма – 5 %-я водная эмульсия тритерпеновых кислот, тягучая жидкость темно-зеленого цвета, негорючая, невзрывоопасная, нетоксичная для человека и животных. Производитель, регистрант в Беларуси и поставщик – УП «БелУниверсалПродукт». Препарат зарегистрирован в республике на 28 культурах.

Метеорологические условия по годам исследований в целом были благоприятными для клевера, что и обусловило получение высокой урожайности этой культуры.

Применение N₉P₄₀K₆₀ в подкормку весной существенно повышало урожайность зеленой массы клевера лугового (таблица).

Так, в среднем за два года урожайность зеленой массы в этом варианте опыте составила 664 ц/га.

Применение N₉P₄₀K₆₀ в подкормку весной или после уборки покровной культуры значительно повышало урожайность зеленой массы клевера, но существенных различий по урожайности при подкормке клевера весной после возобновления вегетации или после уборки покровной культуры (ячменя) не отмечено.

Увеличение доз удобрений с N₉P₄₀K₆₀ до N₁₆P₆₀K₉₀ способствовало увеличению урожайности зеленой массы, но также как и при внесении N₉P₄₀K₆₀ существенных различий при ранневесенней подкормке и после уборки покровной культуры не наблюдалось.

При внесении в подкормку весной N₉P₄₀K₆₀ урожайность зеленой массы возросла по сравнению с неудобренным контролем на 69 ц/га, а N₁₆P₆₀K₉₀ – 177 ц/га. Окупаемость 1 кг NPK кг зеленой массы в этих вариантах опыта составила 63,3 кг и 103,0 кг соответственно. Внесение Эпина и Экосила на фоне N₁₆P₆₀K₉₀ в подкормку весной не обеспечило достоверной прибавки урожайности зеленой массы клевера (таблица).

Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клевера лугового 1 г. п.

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га							Среднее за 2 года			Сырой белок, %
	2012 г.			2013 г.			среднее за 2012–2013 гг.	окупае- мость 1 кг NPK кг з/м	урожай- ность су- хой массы, ц/га	выход к. е., ц/га	
	1 укос	2 укос	сумма 2 укосов	1 укос	2 укос	сумма 2 укосов					
1.Без удобрений	334	351	685	304	340	644	664	–	141,4	139,4	23,14
2. N ₉ P ₄₀ K ₆₀ в подкормку весной	385	366	751	366	350	716	733	63,3	164,6	153,9	23,65
3. N ₉ P ₄₀ K ₆₀ в подкормку после уборки покровной культуры	408	358	766	391	345	736	751	79,8	160,0	157,7	24,94
4. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ после уборки по- кровной культуры	440	428	868	438	384	822	845	109,0	180,0	177,5	23,31
5. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ в подкормку вес- ной	438	411	849	450	371	821	835	103,0	177,9	175,4	24,03
7. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ в подкормку весной + Эпин	451	416	867	443	396	839	853	113,9	181,7	179,1	24,75
8. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ в подкормку весной + Экосил	439	422	861	430	387	817	839	105,4	178,8	176,2	24,53
9. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ + ЭлеГ ум В	492	452	944	458	445	903	923	156,0	196,6	193,8	24,93
10. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ + МикроСил В, Си	494	460	954	478	472	950	952	172,3	202,8	199,9	24,93
11. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ + ЭлеГ ум Си	357	395	752	491	415	906	829	99,4	176,6	174,1	24,59
12. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ в подкормку вес- ной + В, Мо	496	452	948	468	395	849	895	97,0	190,6	187,9	25,52
13. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀ в подкормку вес- ной + Адоб В	501	458	859	466	441	907	933	162,0	198,7	195,9	25,06
НСР ₀₅	15,6	16,2	18,9	19,1	13,2	20,9	18,1				2,3

Обработка посевов микроэлементами и комплексными препаратами на основе микроэлементов и регуляторов роста, кроме препарата ЭлеГум Си, обеспечивала существенную прибавку урожайности зеленой массы клевера.

Применение Адоб В на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ в подкормку весной увеличивало урожайность зеленой массы клевера в среднем за 2012–2013 гг. на 98 ц/га, бором и молибденом – на 60, МикроСил В, Си – на 129 ц/га. Микроудобрение с регулятором роста ЭлеГум Си не способствовало повышению урожайности зеленой массы клевера.

Наиболее высокая урожайность зеленой массы клевера (952 ц/га) и сухой массы (202,8 ц/га) получена в варианте МикроСил В, Си на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ в подкормку весной. В этом варианте был максимальным и выход кормовых единиц с 1 га (199,9 ц/га).

Более высоким содержание сырого белка было в вариантах с внесением бора и молибдена (25,52 %) и Адоб бора (25,06 %) на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ в подкормку весной.

Таким образом, применение на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ микроудобрения Адоб В, микроудобрения с регулятором роста ЭлеГум В, МикроСил В, Си, бора и молибдена существенно повышало урожайность зеленой массы, сухой массы и выход кормовых единиц клевера лугового и содержание в ней сырого белка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
2. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
3. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2011. – 293 с.

УДК 631.82.633.63.

ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ КРЕМНИЕВЫХ УДОБРЕНИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

А. Д. МИХАЛИНА, студент 3 курса,
А. А. ХОРОШИЛОВ, аспирант 2 курса,
С. А. ФРОЛОВА, аспирант 2 курса,

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина»,
г. Орёл, Россия

Первые испытания вегетативной системы с использованием кремниевых удобрений были проведены химиком Юстусом Либихом в 1840 году в Германии. А в 1856 году на Ротамстедской станции были начаты первые полевые эксперименты, но в них кремний вносили в почву. А сейчас препаратами на основе кремния обрабатывают стебли, листья растений и клубни [1].

В данной статье рассматривается опыт обработки клубней и вегетативных органов сорта картофеля «Крепыш» удобрением минеральным с микроэлементами «Нанокремний» по методике Доспехова. Опыт проводился на полях ВНИИЗБК посёлок Стрелецкий Орловский области, Орловского района. Опыт был заложен в четырехкратной повторности, а площадь делянки составляла 4 м². Лабораторные исследования проводились в Орловском государственном аграрном университете имени Н. В. Парахина на кафедре Биотехнологии в ЦКП. Клубни картофеля минеральным удобрением «Нанокремний» замачивались в течение 1 часа, а обрабатывались 2 раза, в период всходов и бутонизации [2].

Известно, что биологическая активность почвы взаимосвязана с химическими и физическими свойствами растения. Развитие растения зависит в первую очередь от природных условий, а любое воздействие на вегетативные органы растения приводит:

- к нарушению нормального течения обменных процессов;
- к нарушению преобразования органических веществ в вегетативных органах;
- к недостатку питательных элементов [3].

После обработки удобрением на основе кремния верхняя часть растения, в данном случае картофеля, претерпевает сложную цепь физико-химических превращений, что оказывает влияние на биологические свойства растения, а в дальнейшем и почву, так как кремний связывает молекулы олигосахаридов и мукополисахаридов, транспортируя их из листьев в корневую систему [4].

Влияние минерального удобрения с микроэлементами «Нанокремний» на морфометрические показатели картофеля «Крепыш» показаны в табл. 1. Учет морфометрических показателей был проведен в фазу бутонизации 21 июня и в фазу цветения 11 июля.

Таблица 1. Влияние минерального удобрения «Нанокремний» на морфометрические показатели картофеля «Крепыш»

Варианты	Высота растения, фаза бутонизации, см	Высота растения, фаза цветения, см
Контроль	34,1	42,6
«Мивал-Агро»	37,9	46,2
«Нанокремний»	38,1	45,8
«Нанокремний+Бор»	37,9	46,1
НСР ₀₅	1,3	1,4

Результаты исследований показали, что обработка удобрением минеральным с микроэлементами «Нанокремний+Бор» увеличивает высоту растений в фазу бутонизации на 11,1 %. А обработка удобрением минеральным с микроэлементами «НаноКремний» высота растения в фазу бутонизации увеличивается на 11,7 % [5].

Следовательно, обработка удобрением минеральным с микроэлементами «Нанокремний+Бор» обладает высокой биологической активностью, а это способствует более полной реализации генетического потенциала картофеля. И проявляется в усиленном росте и развитии растений, а в дальнейшем снижает распространенность фитофтороза во время вегетации и в конечном итоге приводит к повышению урожайности и качества картофеля [6].

При проведении фитопатологической оценки ботвы картофеля летом 2018 г. из грибных болезней фитофтороз отмечен не был. Также необходимо отметить, что отсутствие фитофтороза в периоды вегетаций объясняется тем, что в опыте использовали оздоровленный картофель. А посадки на всем протяжении опыта находились на значительном удалении от массовых репродукций. И преимущество удобрения минерального с микроэлементами «Нанокремний+Бор» заключается в том, что он предотвращает проникновение в растения фитопатогена и подавляет его развитие длительное время, формируя устойчивость к фитофторозу [7].

На картофеле сорта «Крепыш» было проведено исследование влияния удобрения минерального с микроэлементами «Нанокремний+Бор» на развитие парши обыкновенной, в контрольном варианте развитие заболевания было на уровне 8,1 %. В вариантах с обработкой удобрением минеральным с микроэлементами «НаноКремний» развитие парши было меньше практически в два раза (табл. 2).

Таблица 2. Влияние минерального удобрения «НаноКремний» на развитие парши обыкновенной на картофеле «Крепыш»

Вариант	Парша обыкновенная, %
Контроль	8,1
«Мивал-Агро»	9,1
«Нанокремний»	4,3
«Нанокремний+Бор»	6,1
НСР ₀₅	0,5

Парша на картофеле является грибковым заболеванием, поражающим клубни. Возбудители могут долгое время находиться в почве, а в картофель попадают через поры или небольшие ранки. Опасность появления парши заключается в том, что товарные и вкусовые качества картофеля снижаются, падает уровень содержания витаминов, минералов и аминокислот. Если потеря полезных веществ составляет от 35 до 40 %, то урожайность уменьшается. И этот тип заболевания встречается чаще остальных. Возбудителем является *Streptomyces scabies* [8]. Отлично развивается в песчаных и известковых почвах, в условиях повышенной влажности и от больших доз органических веществ. Начало заболевания легко диагностировать по небольшим язвам, которые постепенно растут и со временем покрываются пробкообразным налётом. В ходе эксперимента, учитывая паршу обыкновенную, эпифитотий заболевания не наблюдалось, естественный фон парши был достаточно низким (8,1 %).

Применение минерального удобрения «Нанокремний» привело к значительному (в 2-3 раза) снижению пораженности клубней нового урожая паршой обыкновенной. Самые высокие значения устойчивости растений отмечены в вариантах с предпосевной обработкой клубней удобрением минеральным с микроэлементами «Нанокремний». Даже одна обработка клубней микроудобрением в достаточной степени иммунизировала растения от болезней [9].

На урожайность картофеля влияет множество факторов: полевая всхожесть, развитие заболеваний и повреждение картофеля вредителями, а также морфометрические показатели растения. Влияние удобрения минерального с микроэлементами «НаноКремний» на урожайность картофеля «Крепыш» показано в табл. 3.

Таблица 3. Влияние удобрения минерального с микроэлементами «НаноКремний» на урожайность картофеля «Крепыш»

Варианты	Масса товарного клубня, г	Продуктивность с 1 куста, кг	Урожайность т/га
1 Контроль (вода).	92,9	1,08	37,2
2 «Мивал-Агро»	102,3	1,14	39,9
3 «НаноКремний»	109,2	1,19	42,3
4 «Нанокремний+Бор»	112,9	1,22	43,6
НСР ₀₅	3,5	0,09	2,6

В результатах исследования видно, что при обработке картофеля удобрением минеральным с микроэлементами «НаноКремний» масса 1 клубня увеличилась на 17,6 %. Продуктивность на 10,2 %, а урожайность на 13,7 %. Установлено, что при обработке картофеля удобрением минеральным с микроэлементами «Нанокремний+Бор» масса 1 клубня увеличилась на 21,5 %, продуктивность на 12,9 %, а урожайность на 17,2 %. Все показатели относительно контроля [10, 11].

Таким образом, кремниевые удобрения являются специфичными. Общие данные по влиянию кремниевых удобрений, позволяют сделать следующие выводы:

1. Способны оптимизировать физические свойства растения и почвы.
2. Увеличивают устойчивость к экстремальным погодным условиям.
3. Активируют рост, укрепляют корневую систему.
4. Мешает накоплению нитратов и тяжелых металлов в вегетативных органах и корневой системе.
5. Усиливают защитные функции растений и повышает всхожесть культур [13].

Множество фиксируемых эффектов кремниевых удобрений на почву и растения показывает, что именно дефицит подвижного кремния является основным лимитирующим фактором получения урожая [14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Агробιοлогическое обоснование технологии выращивания овощной продукции с применением биологических средств защиты / Павловская Н. Е., Гагарина И. Н., Бородин Д. Б., Гнеушева И. А., Горькова И. В., Солохина И. Ю., Лушников А. В., Костромичева Е. В., Яковлева И. В., Агеева Н. Ю. – Орел, 2018.
2. Бородин, Д. Б. Исследование нового биопрепарата и микроудобрения Нанокремний на ячмене в НОПЦ «Интеграция» / Бородин Д. Б., Гагарина И. Н. // В сборнике: рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения материалы Международной научно-практической конференции по актуальным проблемам в области биотехнологии. 2018. С. 106–112.
3. Бородин, Д. Б. Влияние нового биологического средства защиты растений на рост и развитие картофеля / Д. Б. Бородин, Н. Е. Павловская, И. Н. Гагарина, А. Ю. Гаврилова // В сборнике: Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения. Материалы национальной научно-практической конференции. – 2017. – С. 58–62.
4. Буряк, Д. Влияние новых биологических препаратов и микроудобрений на рост и развитие ячменя / Буряк Д., Шеварыкина А., Гагарина И.Н., Бородин Д.Б. // В сборнике: рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения. Материалы Международной научно-практической конференции по актуальным проблемам в области биотехнологии. 2018. С. 75–79.
5. Буряк, Д. А. Влияние препарата «Нанокремний» на всхожесть семян и энергию их прорастания / Д. А. Буряк, Ю. С. Любина // В сборнике: Студенчество России: век XXI Материалы IV. Молодежной научно-практической конференции. – 2017. – С. 5–7.
6. Павловская Н. Е. Методические рекомендации по биомониторингу загрязненности пестицидами и возбудителями болезней овощных культур в условиях защищенного грунта Орловской области / Н. Е. Павловская, И. Ю. Солохина, И. А. Гнеушева, И. Н. Гагарина, Е. В. Костромичева, Д. Б. Бородин, А. В. Лушников // Орел, 2015.
7. Павловская, Н. Е. Средство для предпосевной обработки семян овощных культур в условиях защищенного грунта / Н. Е. Павловская Н. Е., И. Н. Гагарина, Д. Б. Бородин, и др // патент на изобретение RU 2626174 09.02.2016.
8. Павловская, Н. Е. Биотехнологии получения средств защиты растений на основе природных компонентов / Н. Е. Павловская, И. Н. Гагарина, И. В. Горькова, и др. // В книге: Биотехнология: состояние и перспективы развития материалы IX международного конгресса. – 2017. – С. 196–198.
9. Павловская, Н. Е. Исследования антилиментарных факторов картофеля выращенных в Орловской области / Н. Е. Павловская, И. Н. Гагарина, Д. Б. Бородин, А. Ю. Гаврилова // В сборнике: Роль аграрной науки в решении проблем современного земледелия Материалы Всероссийской научно-практической конференции посвященной 100-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.А. Зиганшина. – 2017. – С. 144–148.
10. Павловская, Н. Е. Рекомендации по усовершенствованию элементов технологии выращивания картофеля, томатов и огурца в условиях Орловской области с использованием биологических средств защиты / Н. Е. Павловская, Д. Б. Бородин, И. А. Гнеушева, И. В. Яковлева // Орёл, 2017.
11. Павловская, Н. Е. Влияние нового иммуномодулятора на рост и развитие перца / Н. Е. Павловская, Д. Б. Бородин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2016. Т. 59. – № 2. – С. 72–76.
12. Павловская, Н. Е. Изучение действия нанокремния на фотосинтетическую продуктивность яровой пшеницы / Павловская Н. Е., Бородин Д. Б., Хорошилов А. А., Яковлева И. В. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 7 (153). – С. 12–18.
13. Павловская, Н. Е. Организация производства биологически активных продуктов торговой марки «Рутифлав» / Н. Е. Павловская, И. А. Гнеушева, Е. В. Яковлева, Д. Б. Бородин // В сборнике: Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение. Материалы II международно-технической конференции. Воронежский государственный университет инженерных технологий. – 2015. – С. 641–644.
14. Юшкова, Е. Ю. Испытание влияния малых доз препарата гуминового комплекса на фотосинтетическую деятельность гороха и пшеницы / Е. Ю. Юшкова, Н. Е. Павловская, Д. Б. Бородин // В сборнике: организация и регуляция физиолого-биохимических процессов. Межрегиональный сборник научных работ. Воронежский государственный университет, кафедра физиологии и биохимии клетки. Воронеж. – 2011. – С. 214–216.

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК КОМПЛЕКСНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА ОСНОВЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ РАЗНЫХ СРОКОВ СОЗРЕВАНИЯ

Е. В. МОХОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
О. В. ПОДДУБНАЯ, канд. с.-х. наук, доцент, И. В. МИРОНЧИКОВА,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Производство продуктов питания является самым первым условием жизни людей и производства вообще. Этим характеризуется жизненно важная роль, которую выполняет сельское хозяйство в любом обществе. Картофель – одна из основных продовольственных, технических и кормовых сельскохозяйственных культур в Беларуси. Посевные площади картофеля за последние годы в среднем составили 543,7 тыс. га, валовой сбор продукции во всех категориях хозяйств – 8,38 млн. По сбору картофеля Беларусь является страной развитого картофелеводства. В мировом масштабе Беларусь располагает 0,4 % пахотных угодий, где сосредоточено около 4 % посевов и 4–6 % валового производства картофеля. Республика остается одним из ведущих регионов по производству картофеля на душу населения (700–1000 кг) [1].

Повышение урожайности картофеля остается важной задачей сельскохозяйственных предприятий. Современные технологии получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур предусматривают создание оптимальных условий питания растений на протяжении всей вегетации [1, 3].

Для роста и развития картофеля необходимо повышенное количество питательных веществ. В составе сухого вещества картофеля насчитывается 26 различных химических элементов. Наибольшую потребность картофель испытывает в азоте, фосфоре, калии, кальции и магнии. Потребность в элементах питания возрастает по мере роста ботвы и достигает максимума в фазу цветения. В это время растения потребляют из почвы 60 % азота и фосфора и более 50 % калия. С началом отмирания ботвы потребность в элементах питания постепенно уменьшается и после ее засыхания прекращается. В среднем для формирования 1 ц продукции растения выносят из почвы 0,62 кг азота, 0,3 кг фосфора, 1,45 кг калия, около 0,4 кг кальция, и 0,2 кг магния [2].

Эффективность минеральных удобрений при совместном применении с органическими удобрениями зависит как от доз применяемых органических удобрений, так и от их вида.

Особенностью картофеля является низкая восприимчивость к различного рода подкормкам, однако это можно компенсировать его способностью впитывать необходимые микро- и макроэлементы через листья. В этом и заключается суть такой незаменимой при выращивании культуры процедуры, как внекорневая подкормка. При таком способе внесения удобрений растение впитывает питательные вещества своей наземной частью, причем в этом процессе могут участвовать как непосредственно листья, так и стебли или цветы. Еще одной в ряду особенностей внекорневой подкормки картофеля является повышенная усвояемость вносимых элементов растением при таком способе обработки [3].

Особенностью микроэлементов в хелатной форме является то, что они поступают в клетки растений без изменений на стадии поглощения и, только поступив в протоплазму, преобразуются в метаболиты растений. По скорости поглощения они превосходят соли в 4–10 раз, в зависимости от хелатирующего агента [2, 4].

Таким образом, некорневая подкормка картофеля становится общепринятой, потому что главное преимущество листовых подкормок – быстрая доставка питательных элементов в критические периоды роста и. удачный способ обеспечить растения фосфором, калием, магнием, бором, марганцем и другими микроэлементами в течение всего периода развития растений.

В настоящее время разработаны зарубежные и отечественные комплексные удобрения для некорневых подкормок посадок картофеля, позволяющие оптимизировать питание растений на протяжении вегетационного периода. Сортимент новых форм комплексных удобрений постоянно пополняется, а данных по их влиянию на урожайность и качество картофеля, особенно новых сортов, недостаточно [2, 3, 4].

Эффективность данных удобрений в условиях северо-восточной части Беларуси продолжает изучаться, и в связи с этим целью исследований было установление действия зарубежных и отечественных комплексных удобрений для некорневых подкормок на урожайность и качество картофеля сортами разных сроков созревания.

Объектом исследования являются сорта картофеля разного срока созревания: Зорачка, Бриз и Скарб. Густота посадки клубней – 55 тыс. шт/га. Белорусские сорта по сравнению с иностранными,

лучше приспособлены к местным почвенно-климатическим факторам, требуют меньше обработок против фитофтороза, в большей степени отвечают требованиям населения по разваримости и вкусу.

Влияние некорневых подкормок комплексными удобрениями (жидкое комплексное удобрение КомплеМет различных составов (Республика Беларусь), комплексные водорастворимые минеральные удобрения Кристалон (Нидерланды) и Нутривант Плюс Картофельный (Израиль) на продуктивность и качество сортов картофеля проводилось на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на опытном поле «Тушково». Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающееся на лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва имела слабокислую реакцию почвенной среды: pH_{KCl} 5,3–5,7, недостаточное содержание гумуса (1,62–1,7 %), среднее и повышенное – подвижного фосфора (142–182 мг/кг), повышенное – подвижного калия (220–229 мг/кг). Минеральные удобрения были внесены в дозе $N_{100}P_{60}K_{120}$ в форме карбамида карбамид (46 % N), аммофоса (12 % N, 52 % P_2O_5), хлористого калия (60 % K_2O). Общая площадь делянки – 25 м², учетной – 16 м², повторность 4-кратная.

Посадку картофеля осуществляли четырехрядной картофелесажалкой КСМ-4 (междурядья 70 см), семенными клубнями 35–55 мм. Глубина посадки 8–10 см. Способ посадки гребневой. Предшественником для картофеля был ячмень. Агротехника возделывания была общепринятой для условий Могилевской области.

Минеральные удобрения вносили под предпосадочную культивацию. Уход за посадками картофеля состоял из междурядной обработки культиватором-окушником на 7 день после посадки и повторно через 8 дней после первой, до появления всходов, внесение почвенного гербицида зенкор в дозе 1,0 кг/га.

Некорневые подкормки КомплеМетом-Картофель (2,5 л/га) КомплеМетом-Железо (0,5 л/га), Кристалоном Желтым (1кг/га) и Нутривантом плюс Картофельный (2кг/га) проводились дважды: при высоте куста 10–15 см (10 июня 2016 г.) и в фазу бутонизации (26 июня 2016 г.). Третья подкормка проводилась после цветения (29 июля 2016 г.) Кристалоном коричневым (1кг/га) и Нутривантом плюс Картофельный (2кг/га). Данная подкормка улучшает качество клубней и их лежкость. Расход рабочего раствора жидкости составлял 200 л/га при каждой обработке.

Схема опыта включает следующие варианты:

1. Фон – $N_{100}P_{60}K_{120}$
2. КомплеМет-Картофель (5 л/га)
3. КомплеМет-Железо (1,0 л/га)
4. КомплеМет-Картофель (5 л/га) + КомплеМет-Железо (1,0 л/га)
5. Кристалон (3кг/га)
6. Нутривант плюс Картофельный (6 кг/га)
7. Кристалон (3кг/га) + Нутривант плюс Картофельный (6 кг/га)

Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [20].

Применение новых комплексных препаратов на основе микроэлементов для картофеля позволяет оптимизировать питание, уменьшить действие неблагоприятных метеорологических условий на формирование урожайности картофеля.

Контроль за динамикой роста массы ботвы картофеля показал, что за счет применения микроудобрений наибольшая масса сырых растений отмечалась в вариантах КомплеМет-Картофель + КомплеМет-Железо и Кристалон + Нутривант плюс Картофельный в фазу бутонизации у сорта Зорачка – 248,6 и 253,8 г/куст соответственно, а также в фазу цветения у сорта Скарб – 325,6 г/куст и сорта Зорачка – 340,5 г/куст в варианте КомплеМет-Картофель + КомплеМет-Железо.

Среднеспелый столовый сорт Скарб – один из наиболее широко распространенных сортов картофеля белорусской селекции, был более отзывчив на некорневые подкормки, особенно при совместном внесении микроудобрений КомплеМета-Картофель и КомплеМета-Железо, а также в варианте Нутривант плюс Картофельный + Кристалон, где для данного сорта получена максимальная прибавка урожая – 92 и 88 ц/га соответственно.

Отзывчивость среднераннего столового сорта картофеля Бриз и раннего столового сорта Зорачка на некорневые подкормки комплексными микроудобрениями в варианте Нутривант плюс Картофельный + Кристалон была максимальной – 75–76 ц/га и выше на 25,8 % и 29,9 % соответственно по сравнению с фоном. Среднеранний белорусский сорт картофеля Бриз при данном агротехническом приеме повысил урожайность на 7,8–25,6 %. Существенным является для сорта картофеля Зорачка и некорневая подкормка КомплеМетом-Картофель + КомплеМетом-Железо, где прибавка составила 63 ц/га.

При совместной обработке микроудобрениями КомплеМет-Картофель и КомплеМет-Железо отмечено значительное увеличение содержания крахмала и больший выход для всех изучаемых сортов картофеля, особенно для сорта Скарб – содержание крахмала 17,2 % и выход крахмала составил

7,18 т/га. Существенное увеличение содержания крахмала для раннего столового сорта Зорачка наблюдалось только при внесении комплексных удобрений КомплеМет-Картофель + КомплеМет-Железо – на 1,5 % и Нутривант плюс Картофельный + Кристалон – 1,2 %. В этих же вариантах и выход крахмала был больше.

Изменение содержания сухого вещества по всем вариантам опыта в пределах одного сорта было незначительным, исключение составил вариант с использованием микроудобрения Нутривант плюс Картофельный + Кристалон (19,8–22,9 %), которые способствовали накоплению сухого вещества. Выход сухого вещества по данному приему был максимальным: для сорта Скарб составил 9,48 т/га, для сорта Бриз – 7,88 т/га и для сорта Зорачка – 6,45 т/га.

Таким образом, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси установлена высокая эффективность комплексных микроудобрений для некорневых подкормок при возделывании сортов картофеля разных сроков созревания. Высокая агрономическая эффективность комплексных микроудобрений для картофеля и хорошая окупаемость продукцией наблюдалась в варианте с применением Кристалона на всех сортах (14,7–18,3 ц/кг). Наиболее отзывчивым на этот прием является картофель сорта Зорачка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмистрова, Т. И. Исследование эффективности применения органоминеральных удобрений при выращивании картофеля / Т. И. Бурмистрова, Л. Н. Сысоева, Т. П. Алексеева, Н. М. Трунова // Достижения науки и техники АПК. 2012. №5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-effektivnosti-primeneniya-organomineralnyh-udobreniy-pri-vyraschivanii-kartofelya> (дата обращения: 10. 10.2018)
2. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.
3. Ионас, Е. Л. Применение новых форм удобрений при возделывании среднепозднего сорта картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Е. Л. Ионас, И. Р. Вильдфлуш, Г. В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 137-145.
4. Немкович, А. И. Нутривант плюс – эффективное водорастворимое минеральное удобрение для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур / А. И. Немкович // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 2. – С. 30–32.

УДК 633.13:631.8:631.524.824

ДИНАМИКА РОСТА И НАКОПЛЕНИЯ БИОМАССЫ РАСТЕНИЯМИ ОВСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА

О. В. МУРЗОВА, канд. с.-х. наук,
И. Р. ВИЛЬДФЛУШ, д-р с.-х. наук, профессор,
С. С. ВОЙТОВ, студент, 2 курс
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Для получения высоких урожаев качественного зерна необходимо сбалансированное минеральное питание на протяжении вегетационного периода. Впервые на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси были проведены исследования с применением новых форм комплексных удобрений для некорневых подкормок и комплексных препаратов на основе удобрений и регуляторов роста при возделывании пленчатого овса.

Исследования с овсом проводили в 2013–2015 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА». Сорт овса Запавет – низкопленчатый, включен в Государственный реестр в 2006 году.

Почва опытного участка имела кислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,1–6,1), низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), повышенное и высокое содержание подвижных форм фосфора (225–318 мг/кг), среднее и повышенное содержание подвижного калия (173–238 мг/кг), низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,2–2,2 мг/кг). Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. При протравливании семян овса использовали препарат Кинто-Дуо – 2,5 л/т семян. До посева вносили карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P₂O₅), хлористый калий (60 % K₂O) и комплексное удобрение АФК (13:11:22) с 0,1 % В, 0,15 % Cu и 0,1 % Mn. Некорневые подкормки проводили комплексным удобрением Нутривант плюс по 2 кг/га в фазах кущения и начала выхода в трубку, комплексным микроудобрением Микро-Стим-Медь Л в дозе 1 л/га и микроудобрением Адоб Медь в дозе 0,8 л/га в фазе начала выхода в трубку. В фазе начала выхода в трубку посевы также обрабатывали и регулятором роста Экосил (75 мл/га).

Динамику роста и накопления сухой массы растениями изучали по фазам их развития. Среднюю высоту определяют суммой промеров всех растений на 1 м² и делением на число растений. Площадки размером 1 м² закладывают в 4–8 местах делянки в зависимости от ее размера [1].

Наблюдения за динамикой роста и накоплению биомассы по фазам развития растений позволяют установить реакцию растений на изучаемые приемы и погодные условия [2].

В опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в фазе молочно-восковой спелости наибольшая высота растений у голозерного овса сорта Гоша (109,0–110,0 см) отмечена при некорневой подкормке Нутривантом плюс, МикроСтимом-Медь Л на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ и Адобом Медь на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N₄₀. Более высокое накопление биомассы (1003,0–1007,0 г) было при применении микроудобрения Адоб Медь на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀+N₄₀ и комплексного удобрения Нутривант плюс на фонах N₆₀P₆₀K₉₀+N₃₀ и N₉₀P₆₀K₉₀, где урожайность зерна составила – 40,1–40,5 ц/га [3].

Агротехника возделывания овса общепринятая для условий Могилевской области. Данные, полученные в полевых опытах и лабораторных исследованиях, обрабатывались дисперсионным анализом по Б. А. Доспехову (1985) с использованием соответствующей программы на компьютере [4].

Высота растений пленчатого овса в среднем за 2013–2015 гг. исследований существенно не отличалась в фазе кущения в вариантах при дозах азотных удобрений N₁₆, N₆₀ и N₉₀.

В последующие фазы высота растений овса начинает изменяться в зависимости от доз азотных удобрений. Соответственно при увеличении дозы вносимого азотного удобрения увеличивается и высота растений.

В фазе выхода в трубку в среднем за три года исследований минимальная высота растений была в варианте без внесения удобрений и в вариантах с низкой дозой азота. Так, на контроле, где не вносились удобрения, в фазе кущения и выхода в трубку высота растений у овса была 25–31 см. В фазе выметывания увеличение высоты растений наблюдалось на 26 см по сравнению с фазой выхода в трубку. В фазе молочной спелости высота растений овса увеличилась по сравнению с фазой выметывания на 15 см.

Наиболее существенное влияние на увеличение линейного роста растений овса оказали азотные удобрения. В фазе кущения высота растений овса при внесении N₆₀P₆₀K₉₀, N₉₀P₆₀K₉₀ и N₆₀P₆₀K₉₀+ N₃₀ возрастала по сравнению с неудобренным контролем в среднем за три года – на 5,0, 8,0 и 7,0 см, а к фазе молочно-восковой спелости – на 10,0, 14,0 и 15,0 см.

Также положительное влияние на линейный рост растений овса оказали комплексные удобрения и микроудобрения. В фазе молочно-восковой спелости использование комплексного удобрения Нутривант плюс и микроудобрений МикроСтим-Медь Л и Адоб Медь на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивало высоту растений овса на 16–19 см, а на фоне N₆₀P₆₀K₉₀+ N₃₀ – на 18–20 см соответственно (таблица).

Влияние комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста и накопления сухого вещества растениями пленчатого овса сорта Запавет в среднем за 2013–2015 гг.

Вариант	Высота растений, см				Масса 100 сухих растений, г			
	кущение	выход в трубку	выметывание	молочно-восковая спелость	кущение	выход в трубку	выметывание	молочно-восковая спелость
1. Без удобрений	25	31	57	72	136	228	343	537
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	28	36	60	79	132	291	430	628
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	30	39	62	82	144	317	455	651
4. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	33	41	63	86	160	332	494	662
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ – фон 2	32	42	67	87	156	346	514	739
6. Фон 1 + Экосил	34	43	71	96	167	340	553	852
7. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	35	43	73	102	167	339	555	862
8. Фон 1 + Адоб Медь	34	42	71	105	167	337	565	862
9. Фон 1 + Нутривант плюс	35	43	76	105	166	344	589	863
10. АФК + N ₃₀ (эквивалентный по НРК варианту 5)	36	44	81	107	169	373	595	865
11. Фон 2 + Нутривант плюс	35	43	79	107	166	364	605	876
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	35	44	79	105	164	361	597	877
13. N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ + Адоб Медь	38	45	85	110	177	383	633	894
НСР ₀₅	0,7	0,9	1,6	2,2	3,2	7,0	13,0	17,1

Максимальная высота растений пленчатого овса (85 см) в фазе выметывания в среднем за три года исследований наблюдалась в варианте с использованием микроудобрения Адоб Медь на фоне

$N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$. В фазе молочно-восковой спелости наиболее высокие растения были в варианте с применением нового комплексного удобрения для основного внесения для яровых культур АФК с В, Сu, Мп, при некорневых подкормках комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и микроудобрением Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ – 107,0–110,0 см.

Наибольшая масса сухого вещества в фазе молочно-восковой спелости (894 г.) в среднем за 2013–2015 гг. исследований у пленчатого овса сорта Запавет была в варианте $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + Адоб Медь. В вариантах с применением некорневых подкормок комплексного удобрения Нутривант плюс и комплексного микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90} + N_{30}$ масса сухого вещества составила 876,0 и 877,0 г.

У пленчатого овса сорта Запавет максимальная высота растений (85 см) и наибольшее накопление биомассы (894 г) наблюдались в варианте с применением микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$, где соответственно была и более высокая урожайность зерна овса (67,3 ц/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия. Практикум : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. проф. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
2. Семеновко, Н.Н. Влияние удобрений на поглощение элементов питания и урожайность ярового тритикале, возделываемого на деградированных торфяных почвах / Н. Н. Семеновко, В. А. Журавлев // Почвенные исследования и применение удобрений: межведомств. темат. сборник / редкол.: И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2004. – Вып. 28. – С. 141–149.
3. Мурзова, О. В. Эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса голозерного и пленчатого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О. В. Мурзова. – Горки, 2017. – 164 л.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

УДК 633.13:631.8:631.559

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА

О. В. МУРЗОВА, канд. с.-х. наук,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Мировой опыт земледелия показывает, что получение стабильно высоких урожаев без использования удобрений невозможно, так как на долю удобрений приходится не менее трети прибавки урожая сельскохозяйственных культур [1].

Важнейшее условие получения высокой урожайности зерновых культур – формирование оптимальной его структуры [2].

Для зерновых культур большое значение имеют продуктивная кустистость, озерненность колоса (метелки), масса 1000 зерен [3].

Величина урожайности на 50 % зависит от плотности продуктивного стеблестоя, на 25 % – от числа зерен в колосе и на 25 % – от массы 1000 зерен [4].

Количество продуктивных стеблей является важным элементом структуры урожая, оказывающее существенное влияние на урожайность зерна [5].

Исследования проводились с голозерным овсом сорта Гоша в 2013–2015 гг. на опытном поле «Гушково» учебно-опытного хозяйства БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой, средне-окультуренной почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Среднеспелый голозерный сорт овса Гоша включен в Государственный реестр в 2009 году.

Почва опытного участка имела низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), кислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,1–6,1), повышенное и высокое содержание подвижных форм фосфора (225–318 мг/кг), среднее и повышенное содержание подвижного калия (173–238 мг/кг), низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,2–2,2 мг/кг). До посева вносили карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P_2O_5), хлористый калий (60 % K_2O) и комплексное удобрение АФК (13:11:22) с 0,1 % В, 0,15 % Сu и 0,1 % Мп. Некорневые подкормки проводили комплексным удобрением Нутривант плюс по 2 кг/га в фазах кущения и начала выхода в трубку, комплексным микроудобрением МикроСтим-Медь Л в дозе 1 л/га и микроудобрением Адоб Медь в дозе 0,8 л/га в фазе начала выхода в трубку. Также в фазе начала выхода в трубку посеvy овса обрабатывали и регулятором роста Экосил (75 мл/га).

Отбор образцов структуры урожая голозерного овса проводили перед уборкой. Статистическую обработку результатов исследований осуществляли по Б. А. Доспехову [6] и М. Ф. Дембицкому [7].

У голозерного овса масса 1000 зерен при внесении $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без внесения удобрений возрастала на 1,7 и 1,9 г (таблица).

Влияние комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста на элементы структуры урожая и урожайность голозерного овса сорта Гоша в среднем за 2013–2015 гг.

Вариант	Количество продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	Среднее число зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Средняя урожайность, ц/га
1. Без удобрений	447	40	22,3	21,7
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	463	42	23,3	25,5
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	472	42	24,0	30,0
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ – фон 1	487	45	24,2	32,2
5. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ – фон 2	481	44	23,8	33,9
6. Фон 1 + Экосил	491	48	25,2	36,6
7. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л	514	46	24,8	37,4
8. Фон 1 + Адоб Медь	516	47	25,0	39,5
9. Фон 1 + Нутривант плюс	516	50	25,3	40,5
10. АФК с В, Cu, Mn + N_{30} (эквивалентный по NPK варианту 5)	510	50	25,7	39,7
11. Фон 2 + Нутривант плюс	516	51	24,6	40,2
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л	515	50	24,5	38,9
13. $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + Адоб Медь	517	52	25,2	40,1
НСР ₀₅	9,2	2,8	0,8	0,8

Варианты с применением комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ и нового комплексного удобрения АФК с В, Cu и Mn + N_{30} по сравнению с внесением в эквивалентной дозе по NPK ($N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$) карбамида, аммофоса и хлористого калия характеризовались более высокой массой 1000 зерен – 25,3 и 25,7 г соответственно. Наименьшее количество продуктивных стеблей у голозерного овса в среднем за годы исследований было в варианте без удобрений (447 продуктивных стеблей). Максимальное их количество наблюдалось в варианте с применением использованием микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ (517 продуктивных стеблей). Наиболее высокой озерненность метелки (52 шт.) по трем годам исследований наблюдалась в вариантах с использованием микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$, что также положительно повлияло в дальнейшем на урожайность зерна голозерного овса.

У голозерного овса сорта Гоша при внесении $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений урожайность зерна возросла на 3,8, 8,3 и 10,5 ц/га. Дробное внесение азота $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ в подкормку по сравнению с разовым внесением $N_{90}P_{60}K_{90}$ способствовало небольшому возрастанию урожайности зерна (на 1,7 ц/га). Обработка посевов голозерного овса регулятором роста Экосил на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна на 4,4 ц/га.

Некорневые подкормки овса удобрениями Адоб Медь, МикроСтим-Медь Л, Нутривант плюс на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивали урожайность зерна – на 7,3, 5,2 и 8,3 ц/га соответственно. На фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ урожайность зерна при обработке посевов комплексным микроудобрением МикроСтим-Медь Л повышалась на 5,0, а водорастворимым комплексным удобрением Нутривант плюс на – 6,3 ц/га. В этих вариантах опыта обеспечивалась максимальная урожайность зерна голозерного овса сорта Гоша.

Наибольшая урожайность зерна у голозерного сорта овса Гоша (39,7–40,5 ц/га) наблюдалась в вариантах с внесением до посева комплексного удобрения АФК с В, Cu и Mn + N_{30} , при некорневой подкормке микроудобрением Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ и Нутриванта плюс на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сапаров, А. С. Плодородие почвы и продуктивность культур / А. С. Сапаров. – Алматы: Изд-во ОО «ДОИВА», 2006. – 244 с.
2. Семененко, Н. Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н. Н. Семененко. – Минск: Тов-во «Хата», 2003. – 164 с.
3. Агрохимия. Практикум : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. проф. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
4. Косаева, К. А. Формирование высоких продуктивных посевов зерновых колосовых культур: обзорн. информ. / К. А. Косаева. – М.: Всесоюз. науч.-исслед. институт тех. экон. информ., 1986. – 55 с.
5. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. М.: Колос, 1985. – 416 с.
7. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – №3 – С. 60 – 64.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХЕЛАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

В. М. НИКИФОРОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
М. И. НИКИФОРОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
А. Л. СИЛАЕВ, канд. с.-х. наук, доцент,
Г. В. ЧЕКИН, канд. с.-х. наук, доцент,
Е. В. СМОЛЬСКИЙ, канд. с.-х. наук, доцент,
М. М. НЕЧАЕВ, канд. с.-х. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»,
Брянская область, Россия

Согласно статистическим данным, за последние 10 лет озимые зерновые культуры в России высевались на площадях, достигающих 17 млн. га, со средней урожайностью от 2,5 до 3,5 т/га. На территории Брянской области посевные площади озимой пшеницы достигают 123,6 тыс. га, озимой тритикале 16,6 тыс. га со средней урожайностью культур на уровне 2,2–3,8 т/га [1]. Низкие урожаи в производственных условиях обусловлены недостаточным внедрением новых высокопродуктивных сортов, несоблюдением агротехнических приёмов возделывания, включающих малое использование минеральных удобрений.

Современные сорта озимых зерновых отличаются высокой урожайностью, достигающей 10 т/га и более, хорошими качественными характеристиками зерна, лучшей адаптированностью к природно-климатическим условиям региона [2]. Такие сорта необходимо размещать по высоким агрофонам, в районах с благоприятным комплексом условий среды, при одновременном строгом соблюдении всех технологических операций, включая подкормки и обработки пестицидами [3]. При этом важно получить полную экономическую отдачу от сельскохозяйственной деятельности и не нарушить экологический порог антропогенной нагрузки [4–6].

Поэтому актуальной задачей является совершенствование технологических приёмов возделывания современных сортов озимых зерновых культур, адаптированных к условиям возделывания в Нечернозёмной зоне, обеспечивающих получение высоких урожаев качественного зерна.

В своих исследованиях мы изучаем влияние некорневых подкормок полифункциональным хелатным комплексом на основе янтарной кислоты, произведённых в Брянском ГАУ, на показатели продуктивности озимой пшеницы и озимой тритикале. Эффективность хелатных комплексов при возделывании яровой пшеницы и ярового ячменя доказана результатами лабораторных и полевых исследований, проведённых нами в 2015–2017 годах [7–8].

Исследования проводились в условиях производственного опыта в 2017–2018 годах на землепользовании СПК «Надежда» Карачевского района Брянской области, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Объекты исследований: сорт озимой пшеницы Ода (оригинатор – РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию») и сорт озимой тритикале Корнет (оригинатор – ГНУ «Донской зональный НИИСХ» совместно с ОНО «Северо-донецкая государственная сельскохозяйственная опытная станция»). Предшественник – зернобобовые культуры. Норма высева семян – 5,0 млн всхожих семян/га.

Схема опыта включала две технологии (вариантов опыта), отличающиеся по способам применения подкормок и по видам применяемых удобрений:

1-й вариант (контроль) – технология, применяемая в хозяйстве (табл.1.):

Таблица 1. Технология, применяемая в СПК «Надежда»

Периоды обработок	Озимая тритикале	Озимая пшеница
Кушение	Корневая подкормка N ₃₀ с последующей обработкой баковой смесью гербицидов Пума супер + Балерина + Бомба	Корневая подкормка N ₃₀ с последующей обработкой баковой смесью гербицидов Балерина + Бомба и регулятора роста Моддус
Флаговый лист	Баковая смесь удобрения Кристалон жёлтый (2,5 кг/га), фунгицида Рекс плюс и инсектицида Клотиапет	Обработка баковой смесью удобрения Кристалон жёлтый (2,5 кг/га), фунгицида Рекс плюс и инсектицида Клотиапет
Колошение	Баковая смесь удобрения Кристалон жёлтый (2,5 кг/га), фунгицида Абакус ультра и инсектицида Клотиапет	Баковая смесь 5 % раствора мочевины, фунгицида Абакус ультра и инсектицида Клотиапет

2-й вариант – технология, с применением полифункционального хелатного комплекса. Проводилась 3-разовая обработка посевов баковой смесью хелатного комплекса на основе янтарной кислоты (3,0 л/га) и пестицидов в те же фазы и периоды роста и развития растений. Применяемые пестициды и их дозы на втором варианте опыта также не отличались от первого.

Площадь под опытом составила 60 га. Площадь под вариантом опыта 15 га.

Учёт урожая проводился методом прямого комбайнирования, экономическую эффективность применения минеральных удобрений рассчитывали по методике «Института почвоведения и агрохимии» г. Минск [9].

Структура урожая и урожайность озимых зерновых приведена в табл. 1.

Таблица 1. Структура урожая и урожайность озимых зерновых

Вариант опыта	Количество продуктивных стеблей, шт/м ²	Масса 1000 зёрен, г	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к контролю, т/га
Озимая пшеница				
1	654	40,7	6,5	–
2	672	41,2	6,8	0,3
Озимая тритикале				
1	452	43,7	5,9	–
2	474	44,2	6,0	0,1

Анализ структуры урожая показал, что применение удобрений на основе хелатного комплекса способствует увеличению таких показателей как количество продуктивных стеблей и масса 1000 семян. Так, на озимой пшенице и озимой тритикале на варианте – 2 количество продуктивных стеблей соответствовало 672 и 474 шт/м², в сравнении с 654 и 452 шт/м² (на контроле), а масса 1000 семян 41,2 и 44,2 г в сравнении с 40,7 и 43,7 г.

Учёт урожая показал, что на контрольном варианте, площадью 15 га, средняя урожайность зерна составила 6,5 т/га, а на варианте 2 (на такой же площади) – 6,8 т/га с прибавкой к контролю на уровне 0,3 т/га. Урожайность зерна озимой тритикале на контроле достигала 5,9 т/га, а на варианте с применением хелатного комплекса 6,0 т/га (прибавка урожайности 0,1 т/га).

Таким образом, увеличение урожайности на варианте 2, в сравнении с контролем происходило за счёт увеличения количества продуктивных стеблей на 18–22 шт/м² и за счёт увеличения массы 1000 зёрен на 0,5 г.

Экономическая оценка эффективности применения минеральных удобрений - один из важных показателей хозяйственной деятельности сельхоз товаропроизводителей. Экономическая эффективность применения полифункционального хелатного комплекса при возделывании озимых зерновых культур представлена в табл. 2.

Таблица 2. Экономическая эффективность применения полифункционального хелатного комплекса

Показатели	Озимая пшеница	Озимая тритикале
Урожайность, т/га	6,8	6,0
Затраты на применение подкормок и дополнительную уборку и доработку урожая на контрольном варианте, USD/га	37,0	38,5
Затраты на применение подкормок и дополнительную уборку и доработку урожая на Варианте - 2, USD/га	25,4	18,7
Сокращение затрат к контролю, USD/га	11,6	19,8
Условный чистый доход к контролю (USD/га) при цене реализации зерна: 100 USD/т	16,3	11,2
160 USD/т	34,9	17,1
Рентабельность, % при цене реализации зерна: 100 USD/т	64,3	59,8
160 USD/т	143,2	95,6

В условиях нашего опыта затраты на применение подкормок на контрольном варианте составили от 37,0 до 38,5 USD/га, а на варианте – 2 от 25,4 до 18,7 USD/га, при этом сокращение производственных затрат к контролю достигало 11,6-19,8 USD/га.

Условный чистый доход за счёт применения хелатного комплекса увеличивался на 11,2–16,3 USD/га (при цене реализации зерна 100 USD/т) и на 17,1–34,9 USD/га (при цене реализации зерна 160 USD/т), а уровень рентабельности достигал 59,8–143,2 %

Трёхкратная некорневая подкормка полифункциональным хелатным комплексом на основе янтарной кислоты в дозе 3,0 л/га в составе баковой смеси пестицидов способствует увеличению урожайности зерна озимых зерновых на 0,1–0,3 т/га, сокращению производственных затрат на удобре-

ния на 12–20 USD/га и повышению рентабельности производства зерна на 60–140 %, в зависимости от культуры и цены реализации продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Окончательные итоги учёта посевных площадей и собранного урожая сельскохозяйственных культур: статистический бюллетень // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Брянской области. Брянск. 2017.
2. Практические рекомендации сельскохозяйственным производителям по возделыванию озимой тритикале на продовольственные и фуражные цели / О. В. Мельникова, М. П. Наумова, А. С. Юдин, М. И. Никифоров. Брянск, 2014.
3. Мамеев В. В., Ториков В. Е., Никифоров В. М. Об экологической стабильности и пластичности сортов озимых культур в условиях Брянской области // Агроконсультант. 2014. № 6. С. 14–21.
4. Левшенкова Е. В., Москаленко А. Н., Мамеева В. Е. Динамика почвенной мезофауны при различном уровне химизации в посевах озимой ржи // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы X Международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет». 2013. С. 79–82.
5. Политыкина Ю. В., Бенько А. А., Мамеева В. Е. Биоиндикация загрязнения почв по изменению видового биоразнообразия // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XI Международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет». 2014. С. 332–333.
6. Политыкина Ю. В., Мамеева В. Е. Биоиндикация антропогенного воздействия на агроценозы // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XII Международной научной конференции. ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет». 2015. С. 356–359.
7. Использование полифункциональных хелатных комплексов при возделывании яровой пшеницы / Г. В. Чекин, В. М. Никифоров, А. Л. Силаев, Е. В. Смольский, М. И. Никифоров, М. М. Нечаев // Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения: материалы национальной научно-практической конференции. Брянск. 2017. С. 49–54.
8. Перспективы применения полифункциональных хелатных комплексов для формирования высоких урожаев пивоваренного ячменя / В. М. Никифоров, А. Л. Силаев, Г. В. Чекин, Е. В. Смольский, М. И. Никифоров, М. М. Нечаев // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 6. С. 8–14.
9. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И. М. [и др.] / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 20 с.

УДК 634.75:631.811.98

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА ФИТОВИТАЛ НА ТОВАРНЫЕ КАЧЕСТВА ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

Г. А. НОВИК, науч. сотрудник,
РУП «Институт плодоводства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
М. П. ПОПОВА, старший научный сотрудник,
Г. С. ЗОТОВА, старший научный сотрудник,
ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

Земляника садовая является исключительно ценной ягодной культурой, которая в Беларуси занимает второе место по распространению после смородины чёрной.

Несмотря на достаточно разнообразный сортимент, большинство интродуцированных сортов, земляники садовой не имеет широкого распространения вследствие низкого качества ягод, плохой транспортабельности, сильного повреждения болезнями, а также неполной реализации потенциала их продуктивности при переносе в условия нашей республики.

Разработанный отраслевой регламент возделывания данной культуры требует уточнения вследствие многообразия сортов, их требований к условиям произрастания и проводимым агроприемам (мульчирующие материалы, средства защиты растений, удобрений и т.п.) [1].

Современный рынок предлагает большое количество минеральных удобрений для почвенного и некорневого применения, что дает возможность самых различных комбинаций по схемам и количеству их использования.

В комплексе факторов формирования урожайности земляники садовой важное значение имеет сбалансированное питание растений необходимыми макро- и микроэлементами, а также использование физиологически активных веществ, принимающих участие в биохимических процессах, протекающих в растениях. Применение микроэлементов и физиологически активных веществ улучшает рост и развитие культур, их устойчивость к неблагоприятным погодным условиям, болезням, вредителям, повышает эффективность минеральных удобрений, прежде всего азотных, что способствует увеличению урожайности и повышению качества продукции [2–5].

В этой связи несомненный интерес представляет созданный в ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси» регулятор роста растений Фитовитал, в.р.к. (далее – Фитовитал). В состав препарата включены янтарная кислота и комплекс как эссенциальных, так и редко включаемых в удобрительные смеси микроэлементов: В, Cu, Zn, Mn, Mo, Co, Fe, Mg, Li, Br, Al, Ni (медь и железо в хелатных формах). Входящие в его состав компоненты обладают способностью стимулировать рост и

развитие растений, повышать их устойчивость к фитопатогенам, увеличивать возможность преодоления ими таких экстремальных погодных явлений, как недостаток влаги в почве, повышенные температуры воздуха в период вегетации растений, что способствует повышению продукции сельскохозяйственных растений.

Цель исследований – оценить влияние отечественного фиторегулятора Фитовитал на формирование товарных качеств у сорта земляники садовой Нонеоуе (Ханей).

Ягоды имели сердцевидную форму, индекс формы плодов 1,05.

При реализации продукции большое значение имеет однородность ягод. Наиболее однородными по размеру ягоды были в варианте с применением Фитовитала средняя высота ягод 28,9 мм и диаметр 27,5 мм. В контрольном варианте средняя высота ягод 27,2 мм и диаметр 25,9 мм (таблица).

Влияние регулятора роста Фитовитал при некорневом применении на товарные качества земляники садовой сорта Нонеоуе (Ханей) (2018 г.)

Вариант	Повторность	Размер ягоды, мм		Индекс формы	Содержание РСВ, %
		высота	диаметр		
Контроль	I	26,9	26,7	1,0	8,9
	II	27,6	25,3	1,09	9,4
	III	27,1	25,7	1,05	9,2
Среднее		27,2	25,9	1,05	9,2
Янтарин	I	27,5	26,5	1,04	9,1
	II	28,1	26,9	1,04	9,6
	III	28,7	26,8	1,07	8,9
Среднее		28,1	26,7	1,05	9,3
Фитовитал (однократно)	I	28,3	27,3	1,04	10,2
	II	29,7	28,9	1,03	9,9
	III	28,8	26,4	1,09	9,4
Среднее		28,9	27,5	1,05	9,8
Фитовитал (двукратно)	I	27,6	26,2	1,05	8,7
	II	28,8	26,8	1,07	9,8
	III	29,6	27,8	1,06	9,4
Среднее		28,7	26,9	1,06	9,3
НСР 05		0,99	1,9	–	–

На содержание растворимых сухих веществ (РСВ) регулятор роста Фитовитал не оказал значительного влияния. Содержание РСВ варьировалось от 9,2 % до 9,8 %.

Отрицательного действия препарата Фитовитал на рост и развитие растений земляники садовой не выявлено. Препарат Фитовитал не повлиял на вкус ягод земляники садовой.

Применение препарата Фитовитал положительно отразилось на всех изучаемых товарных качествах земляники садовой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возделывание земляники садовой: типовые технологические процессы / Л. М. Исаченко, Н. В. Клакоцкая, А. М. Дмитриева, А. М. Криворот, А. Ф. Шудловский, С. В. Сорока, Н. И. Мелешко, Т. В. Голосок // Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; рук. разраб.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2010. – С. 288–311.
2. Рак, М. В. Применение жидких комплексных гуминовых удобрений с микроэлементами ЭлеГум: рекомендации / М. В. Рак [и др.] // РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2009. – 20 с.
3. Рак, М. В. Эффективность новых форм микроудобрений при возделывании сельскохозяйственных культур / М. В. Рак, С. А. Титова // Плодородие почв и эффективное применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию Ин-та почвоведения и агрохимии, Минск, 5-8 июля 2011 г./ РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Белорус. об-во почвоведов; редкол.: В. В. Лапа (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – С. 287–288.
4. Рациональное применение удобрений / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2002. – 324 с.
5. Хрипач, В. А. Перспективы практического применения брассиностероидов – нового класса фитогормонов / В. А. Хрипач, В. Н. Жабинский, Ф. А. Лахвич // Сельскохозяйственная биология. Серия биологических наук. – 1995. – № 1. – С. 3–11.

ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ

Л. В. ОСИПОВА, д-р биол. наук;
Т. Л. КУРНОСОВА, канд. биол. наук; И. А. БЫКОВСКАЯ,
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова,
г. Москва, Российская Федерация

В современной ситуации климатической variability и частых погодных аномалий получение высоких и стабильных урожаев зерновых культур является одной из основных задач сельскохозяйственного производства. Оптимизация минерального питания в условиях периодически возникающих абиотических стрессов, направленная на повышение устойчивости растений, будет способствовать наиболее полной реализации потенциала продуктивности зерновых культур.

Согласно современной концепции, все виды стрессоров вызывают одинаковые физиолого-биохимические ответы растений и наряду со специфическими механизмами индуцируют в растительном организме одинаковую реакцию – развитие окислительного стресса из-за избыточного накопления активных форм кислорода (АФК) [1–6]. Повышенные концентрации свободных радикалов приводят к повреждению липидов мембран, нарушениям гомеостаза и снижению продуктивности.

Универсальный ответ растений на засуху, затопление, высокие и низкие температуры, действие тяжелых металлов и гербицидов, ультрафиолетовую радиацию предполагает возможность снижения их негативного действия одним и тем же агрохимическим средством.

Для оптимизации питания был выбран экономически выгодный способ – предпосевная обработка семян (ПОС). В последние десятилетия установлена положительная роль биогенных элементов селена и кремния в питании растений и их участие в системе антиоксидантной защиты при действии абиотических стрессов [7–10].

В серии вегетационных экспериментов изучали влияние предпосевной обработки семян селеном и кремнием на рост, развитие, поглотительную способность корневой системы, содержание фотосинтетических пигментов и формирование продуктивности ярового ячменя при действии различных видов стрессовой нагрузки: засухи, действии кадмия и гербицида сплошного действия.

Стрессы моделировали на VI этапе органогенеза, критическом, связанным с закладкой генеративных органов на конусе нарастания главного побега. Засуху моделировали путем прекращения полива растений, а кадмий и гербицид применяли в виде опрыскивания растений.

В результате проведенных исследований было установлено, что растения ячменя реагировали на стрессоры торможением роста, уменьшением числа заложившихся элементов продуктивности на конусе нарастания главного побега на VI этапе органогенеза и повышенной их редукции к концу вегетации. Отмечалось также снижение поглотительной активности корневой системы, что было показано с использованием метода изотопного анализа с применением высокообогащенного меченого ^{15}N .

Применение селена и кремния способствовало снижению негативного действия окислительного стресса, индуцированного всеми изучаемыми факторами. Протекторное действие биогенных элементов было обусловлено изменением физиологического статуса растений, обеспечившего защиту от воздействия разных стрессоров. Содержание малонового диальдегида, продукта перекисного окисления липидов мембран, по которому судят о напряженности стресса, в вариантах с ПОС было ниже, чем в контроле. В меньшей степени было выражено торможение роста, отмечалась меньшая редукция цветковых зачатков. Установленное также повышение содержания хлорофиллов за счет возрастания хлорофилла *b* и каротиноидов, что являлось частью адаптивного ответа и способствовало устранению избытка АФК, защищая пигменты и ненасыщенные жирные кислоты липидов мембран от окислительного стресса.

Предпосевная обработка семян обеспечивала сохранение способности поглощать корнями ^{15}N и накапливать в надземных органах экзогенный нитратный азот (табл.). Применение селена и кремния повышало вынос основных элементов питания (NPK) с урожаем ячменя, в основном за счет большего накопления биомассы и способствовало формированию более продуктивных растений при действии всех видов стрессов.

Влияние селена и кремния на физиологический статус растений

ПОС Стресс	МДА, млМ/г		Содержание фотосинтетических пигментов, мг/100 г				Поступление N г/сосуд в репарационный период	
	H ₂ O	ΣSe+Si	H ₂ O		ΣSe+Si		H ₂ O	ΣSe+Si
			хлоро- филлы	каротиноиды	хлоро- филлы	каротиноиды		
Контроль (оптимум)	9,6		2,54	10,73	2,86	10,73	3,8	4,2
Стресс	Засуха	8,4	3,72	12,19	3,93	13,09	4,9	5,7
	Кадмий	13,1	3,48	12,60	3,89	13,25	5,8	6,1
	Гербицид	9,9	3,61	13,31	4,13	14,02	6,46	6,82

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарчевский, И. А. Метаболизм растений при стрессе / И. А. Тарчевский. – Казань: ФЭН, 2001. – 447 с.
2. Карпец, Ю. В. Значение окислительного стресса в индуцировании теплоустойчивости проростков пшеницы кратковременным действием сублетальной температуры / Ю. В. Карпец, Ю. Е. Колупаев // Физиология и биохимия культурных растений. – 2008. – Т. 40. – № 3. – С. 245–258.
3. Радюкина, Н. Л. Участие низкомолярных антиоксидантов в кросс-адаптации растений к последовательному действию UV-облучения и засоления / Н. Л. Радюкина, В. И. М. Тоайма, Н. Р. Зарипова // Физиология растений. – 2012. – Т. 59. – № 1. – С. 80–88.
4. Mittler, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance / R. Mittler // Trends. Plant Sci. – 2002. – V. 7. – № 1. – С. 405–409.
5. Осипова, Л. В. Влияние абиотических стрессов на растения ярового ячменя при предпосевной обработке семян селеном и кремнием / Л. В. Осипова, Н. Т. Ниловская, Т. Л. Курносова, И. А. Быковская // Агрохимия. – 2015. – № 9. – С. 54–60.
6. Гарькова, А. Н. Обработка гербицидом гранстар вызывает окислительный стресс в листьях злаков / А. Н. Гарькова, Русяева М. М., Нуштаева О. В., Аросланкина Ю. Н., Лукаткин А. С. // Физиология растений. – 2011. – Том. 58. – № 6. – С. 935–943.
7. Козлов, А. В. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах / А. В. Козлов, А. Х. Куликова, Е. А. Яшин // Вестник Минского университета. – 2015. – № 2(10). – С. 23–32.
8. Матыченков, В. В. О подвижных формах кремния в растениях / В. В. Матыченков, Е. А. Богарникова. ДАН РАН. – 2008. № 2. – С. 279–281.
9. Вихрева, В. А. Селен в жизни растений / В. А. Вихрева, А. А. Блинохватов, Т. В. Клейменова. – Пенза. РИО ПГСХА, 2012. – 222 с.
10. Самсонова, Н. Е. Эффективность соединений кремния при обработке семян и растений кукурузы (*Zea mays L.*) / Н. Е. Самсонова, Ю. В. Козлов, З. Ф. Зайцева, И. А. Шупинская И. А. // Агрохимия. – 2017. – № 1. – С. 12–18.

УДК 631.821.1

АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЕСТКОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. ПАНАСИН, д-р.с.-х. наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»,
Д. А. РЫМАРЕНКО, канд. биол. наук,
М. И. ВИХМАН, д-р. биол. наук,
ФГБУ «Центр агрохимической службы «Калининградский»,
г. Калининград, Российская Федерация,
Д. С. ЧЕЧУЛИН, главный агроном КФХ «Калина»,
г. Черняховск, Российская Федерация

Состояние органоминеральной матрицы почв определяется гранулометрическим и минералогическим составом, содержанием и составом почвенного органического вещества, количеством и природой поглощенных ионов. Кислотно-основные свойства ППК во многом обуславливают формы нахождения химических элементов в почве и доступность их для растений; с другой стороны, состав поглощенных ионов в современном сельскохозяйственном производстве является антропогенно контролируемым фактором.

Почвенный покров Калининградской области сформировался на продуктах перемывания и перетолжения исходно карбонатных ледниковых наносов. За послеледниковое время песчаные, супесчаные и легкосуглинистые породы были глубоко выщелочены, на средних и тяжелых суглинках распространены как выщелоченные, так и карбонатные породы. Голоценовые аллювиальные и древнеаллювиальные отложения, как правило, не содержат карбонатов. Разнообразие по гранулометрическому и минералогическому составу материнских пород предопределило различную скорость почвообразовательных процессов, и как следствие, формирование весьма сложного и контрастного почвенного покрова территории.

Почвообразование в Калининградской области протекает в специфических природно-климатических условиях, характеризующихся умеренно теплым и влажным климатом с относительно равномерным распределением температур в течение года. Зима мягкая, длительные морозы не характерны. В зимний период верхние горизонты почв, как правило, неоднократно промерзают и оттаивают, усиливается нисходящая миграция химических элементов и вымывание их из почвенного профиля. Годовое количество осадков значительно превышает испаряемость, что обуславливает достаточно интенсивный промывной режим. В целом сочетание естественных факторов способствует выщелачиванию оснований из корнеобитаемых горизонтов и, как следствие, к естественному подкислению почв.

Объектами исследования явились почвы сельскохозяйственных угодий Калининградской области. Общая площадь сельскохозяйственных угодий в регионе за последние полвека менялась незначительно. На 1.01.2018 она составляет 737,4 тыс. га, из них пашня – 371,7; сенокосы – 130,6; пастбища –

227,2; многолетние насаждения – 7,9 тыс. га. За прошедший с организации Центра агрохимической службы период проведено 9 туров агрохимического обследования почв. Образцы почвы отбирались по ГОСТ 28168-89. В отобранных образцах определялись pH_{KCl} потенциметрически, гидролитическая кислотность – по Каппену в модификации ЦИНАО, сумма обменных оснований – по Каппену. В 1994 году заложено 16 площадок локального мониторинга плодородия почв, на которых отбор образцов и определение основных агрохимических показателей проводится ежегодно.

Центр агрохимической службы «Калининградский» в течение полувека проводил изучение известкования под различные сельскохозяйственные культуры на разных таксономических категориях почв. Всего было заложено 75 опытов, из которых 21 – производственные, 54 – мелкоделяночные. Изучено влияние известкования на сдвиг реакции среды, подвижность и доступность элементов минерального питания растений, а также на урожай большинства возделываемых в регионе сельскохозяйственных культур.

Совокупность естественных факторов почвообразования и направление почвообразовательных процессов обуславливают подкисление большинства почв агроэкосистем Калининградской области. На основании данных агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий, участков локального агроэкологического мониторинга и стационарных опытов нами установлена зависимость скорости подкисления дерново-подзолистых почв от их гранулометрического состава, содержания органического вещества, интенсивности сельскохозяйственного использования и степени увлажнения. Средняя многолетняя скорость подкисления дерново-подзолистых почв Калининградской области составляет 0,03 единицы pH в год. В супесчаных и легкосуглинистых полугидроморфных почвах, развитых на бескарбонатных материнских породах, темпы подкисления достигают 0,05 единиц pH в год. В суглинистых почвах скорость выщелачивания определяется наличием или отсутствием карбонатного горизонта, глубиной его залегания, а также содержанием органического вещества. Нами была установлена обратная зависимость скорости выщелачивания кальция от содержания гумуса. В среднем темпы подкисления суглинистых дерново-подзолистых почв составляют 0,02 единицы pH в год.

С целью установления оптимальных доз внесения известковых мелиорантов на различных по типовой принадлежности, гранулометрическому составу, степени кислотности и содержанию органического вещества почвах было заложено множество краткосрочных и длительных стационарных опытов. На основании проведенных широкомасштабных исследований были установлены многие аспекты влияния извести на реакцию дерново-подзолистых почв, скорость и величину сдвига pH, продолжительность последствий, а также влияние извести на подвижность элементов питания в почвах.

На основании данных по известкованным площадям (160 тыс. га) и по объемам внесения известковых материалов сотрудниками Центра агрохимической службы был рассчитан сдвиг pH_{KCl} от одной тонны извести в производственных условиях в зависимости от исходной величины pH_{KCl} . На исходно сильнокислых почвах тонна извести снижала почвенную кислотность в среднем на 0,2 единицы pH; на среднекислых – на 0,15; на слабокислых – на 0,10 и на близких к нейтральным – на 0,06.

Приведенные значения смещения реакции среды являются усредненными. Практически смещение величины pH зависит от содержания органического вещества, гранулометрического состава почв и других факторов. Обобщение результатов длительных и краткосрочных опытов по известкованию показало, что указанные значения сдвига pH справедливы для легкосуглинистых почв с содержанием гумуса 2,5–3 %. Для среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почв уровень сдвига pH снижается на 17–20 % и 21–25 % соответственно, и наоборот, для супесчаных и песчаных почв уровень сдвига повышается на 18–23 % и 24–26 % соответственно. При повышенном содержании гумуса расход мелиорантов возрастает, так как гумусовые кислоты и их соли образуют достаточно емкую буферную систему. Нами было установлено, что известкование провоцирует перегруппировки и изменение группового и фракционного состава гумуса – снижение доли лабильного органического вещества и рост относительного содержания второй и третьей фракций гуминовых кислот, что приводит к улучшению структуры и оптимизации некоторых агрофизических свойств почв.

Полученные в результате наших исследований экспериментальные данные включены в рекомендации по проведению известкования кислых почв в условиях Калининградской области и внедрены в производство в качестве критериев оценки химической мелиорации.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЧВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПИТАНИЯ ЯЧМЕНЯ

О. В. ПОДДУБНАЯ, канд. с.-х. наук, доцент, О. В. СИМАНКОВ,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Уровень продуктивности сельскохозяйственных культур в современном земледелии обуславливается главным образом состоянием плодородия почв и применение органических и минеральных удобрений. В свою очередь состояние плодородия почв в значительной степени определяет стабильность агроценозов и их устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды [1, 2].

Удобрения являются важным средством повышения производительности почв. Решить проблему повышения урожаев и сохранения плодородия можно за счет разработки экономически эффективных систем применения минеральных и органических удобрений [3].

Агротехнологии по управлению продукционными процессами сельскохозяйственных культур должны дифференцироваться в зависимости от состояния плодородия почв и экономически обоснованных уровней урожайности. При возделывании сельскохозяйственных культур на почвах высокообеспеченных фосфором и калием в настоящее время агрохимической наукой республики рекомендуется частичная (50–60 %) компенсация выноса данных элементов.

Для поддержания достигнутого уровня плодородия почв необходима диагностика направленности процессов, оказывающих влияние на агрохимические, агрофизические и биологические свойства почв, при разной интенсивности антропогенной нагрузки. Воспроизводство и сохранение плодородия почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, является приоритетной задачей. Наряду с достижением высокой урожайности, необходимо своевременное решение сопряженных экологических задач по контролю влияния интенсификации растениеводства на состояние почвенного плодородия.

Актуальность исследований обусловлена недостатком информации по оценке влияния потенциальной продуктивности высоко окультуренных дерново-подзолистых почв на урожайность и качество зерна ярового ячменя. Экспериментальные данные могут служить научной основой для обоснования и разработки приемов экологически и экономически эффективного применения удобрений при возделывании ярового ячменя на высоко окультуренных почвах, обеспечивающие высокую продуктивность данной культуры, наряду со снижением потерь органического вещества и поддержания плодородия почвы.

Для повышения эффективности применяемых минеральных удобрений на ячмене большое значение имеет правильный выбор доз удобрений и соотношение основных питательных веществ – азота, фосфора и калия. Также важно учитывать биологические особенности сорта, содержание питательных веществ в почве и погодные условия. Земледелие без удобрений не целесообразно, однако, если недостаток нежелателен, то избыток экономически неоправдан и экологически опасен [3]. Большинство научных исследований с яровым ячменем, выполненных белорусскими и зарубежными учеными, свидетельствует о его высокой питательной и биологической ценности. Приведенные литературные данные свидетельствуют о том, что вопросы по влиянию потенциальной продуктивности высоко окультуренных дерново-подзолистых почв на урожайность и качество зерна ярового ячменя в республике мало изучены.

Исследования по изучению влияния потенциальной продуктивности высокоокультуренной дерново-подзолистой почвы на урожайность и качество зерна ярового ячменя сорта Стратус проводили на опытном участке, расположенном в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области. Схема опыта включала 15 вариантов в 4-кратной повторности (60 опытных делянок). Общая площадь делянки 24,0 м² (4,0 м × 6,0 м). Метод размещения вариантов в повторении случайный (рэндомизированный). Полевые исследования с яровым ячменем проводились на дерново-подзолистой оглеенной внизу суглинистой почве, развивающейся на мощных легких лессовидных суглинках.

Почвенно-агрохимический анализ показал, что исследования с яровым ячменем были проведены на почвах, пригодных для возделывания данной культуры. В годы проведения исследований метеорологические условия были достаточно различными и оказали влияние на урожайность и качество зерна ярового ячменя. Для нормальной жизнедеятельности растений необходима определённая группа питательных элементов, которые они способны поглощать из окружающей среды. При возделывании ярового ячменя на высокоокультуренной дерново-подзолистой почве применение азотных удобрений оказало значительное влияние на урожайность зерна, обеспечив наибольшее прибавки урожая, составившие 15,5–22,0 ц/га.

Прибавка урожая от последействия 50 и 100 т/га навоза составили 4,6 и 7,4 ц/га соответственно. В среднем за два года наиболее эффективным агрономическим приемом повышения продуктивности ярового ячменя оказалось внесение азотных удобрений. На фоне без применения органических удобрений возрастающие дозы азотных удобрений способствовали повышению урожайности ячменя на 18,0–22,0 ц/га. На фоне последействия 50 т/га органических удобрений от применения азотных удобрений удалось получить прибавку урожая 20,1–24,9 ц/га, а на фоне последействия 100 т/га навоза – 23,3–28,2 ц/га. Применение N_{60} на изучаемых органических фонах позволило получить дополнительно 18,6–23,3 ц/га зерна ячменя.

Для получения наибольшей урожайности зерна ячменя на уровне 57,5 ц/га в метеоусловиях, сложившихся в 2016–2017 гг., наиболее эффективным было внесение полного минерального удобрения ($N_{90+30}P_{15}K_{30}$) на фоне второго года последействия подстилочного навоза КРС (50 т/га). Общий вынос элементов питания возрастал в большей степени за счет увеличения урожайности, а в меньшей степени за счет повышения содержания питательных веществ в зерне и соломе. При применении $N_{90+30}P_{15}K_{30}$ на фоне последействия 50 т/га подстилочного навоза КРС яровой ячмень с 10 ц основной и побочной продукции выносит 22,5 кг азота, 10,1 кг фосфора, 11,4 кг калия, 1,4 кг кальция, 2,8 кг магния.

При возделывании ярового ячменя на высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия для получения урожайности зерна 55–60 ц/га с высокими показателями качества рекомендуется основное внесение $N_{90}P_{15}K_{30}$ и подкормка в фазу первого узла 30 кг/га д.в. азота, на фоне второго года последействия 50 т/га подстилочного навоза КРС.

Содержание основных элементов питания в основной и побочной продукции является важным показателем оценки сельскохозяйственных культур и эффективности системы удобрения при их возделывании. При этом содержание элементов питания непосредственно влияет на качественные показатели. Основное влияние на содержание азота в зерне ячменя в среднем за два года исследований оказывали условия азотного питания. Повышение дозы азотных удобрений с 60 до 120 кг/га д.в. азота не зависимо от уровня органического питания достоверно увеличивало содержание азота на 0,51–0,55 %. Наименьшее содержание азота наблюдалось в вариантах с изучением последействия органических удобрений 1,57–1,59 %. Наибольшее (2,25–2,35 %) – при внесении N_{90+30} не зависимо от фона.

Содержание фосфора в среднем за два года составило 0,97–1,07 %. Можно отметить повышение количества фосфора в зерне ячменя от фоновых вариантов к вариантам с применением минеральных удобрений. В среднем за два года содержание калия в зерне ячменя составило 0,61–0,70 %. Накопление калия не зависело от доз азотных удобрений и фона. Достоверное увеличение содержания калия – до 0,70 % отмечалось при внесении полной дозы минеральных удобрений ($N_{90+30}P_{15}K_{30}$) на фоне последействия 100 т/га навоза по отношению к аналогичным вариантам на безнавозном фоне (0,61 %) и фоне с последействием 50 т/га навоза (0,63 %). Содержание кальция в основной продукции ячменя в среднем за два года составило 0,05–0,06 %, при этом на фоне с изучением последействия 100 т/га навоза было достоверно выше (0,06 %), чем на двух других фонах (0,05 %). Количество магния в зерне ярового ячменя повышалось с увеличением доз азотных удобрений и не зависело от фона, составив в среднем за два года 0,22–0,26 %.

Полученные данные могут быть использованы в качестве диагностических критериев для экологической оценки уровней применения доз органических и минеральных удобрений, обеспечивающие повышение эффективности удобрений и более рационального использования потенциала плодородия высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при высокой и устойчивой урожайности ярового ячменя. Для расчета доз удобрений под планируемую урожайность ярового ячменя показатели нормативного выноса с 1 т основной и побочной продукции составляют: 22,5 кг азота, 10,1 кг фосфора, 11,4 кг калия, 1,4 кг кальция, 2,8 кг магния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа, В. В. Особенности удобрения яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия / В. В. Лапа, О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – №1 (56). – С. 93 – 105.
2. Никончик, П. И. Возможности производства и экспортного потенциала земледелия Республики Беларусь / П. И. Никончик // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 4. – С. 3–5.
3. Швед, И. М. Накопление питательных веществ в надземном урожае и послеуборочных остатках сельскохозяйственных культур в связи с системами удобрений и способами обработки почвы / И. М. Швед, В. Б. Воробьев, Я. У. Яроцкий // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2007. – № 3. – С. 73–75.

НЕКОРНЕВЫЕ ПОДКОРМКИ КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

О. А. ПОДДУБНЫЙ, канд. с.-х. наук, доцент,
О. В. ПОДДУБНАЯ, канд. с.-х. наук, доцент,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Рациональная система применения удобрений является основным фактором формирования величины и качества урожая сельскохозяйственных культур, повышения плодородия почв. Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур возможно только при сбалансированном применении всех элементов питания в расчетных дозах и в наиболее ответственные стадии развития растений. В настоящее время повышенное внимание уделяется разработке и внедрению в производство ресурсосберегающих систем удобрений сельскохозяйственных культур. Большие возможности в этом направлении представляются при использовании новых форм комплексных удобрений, специализированных для различных сельскохозяйственных культур, содержащих макро- и микроэлементы в сбалансированных количествах [1].

Основное внесение удобрений может обеспечить сельскохозяйственную культуру необходимыми минеральными элементами. Однако в условиях стресса или в силу ряда причин затрудненного корневого питания эффективным решением становится использование листовых подкормок в качестве дополнительного источника питания. Они оказываются особенно результативными, если существует необходимость повысить сопротивляемость растений внешним условиям, улучшить качественные характеристики продукции, быстро устранить дефицит элементов и усилить иммунитет к патогенам.

Исследования последних лет свидетельствуют о том, что наиболее эффективной формой микроудобрений для растений являются комплексные соединения металлов типа хелатов, которые обладают высокой биологической активностью, что позволяет обеспечить лучшую доступность микроэлементов для растений [3].

Традиционно применяемые в республике при возделывании культур химические соединения меди, марганца, бора и цинка в форме неорганических солей являются недостаточно эффективными в качестве защиты растений от болезней на различных по уровню кислотности почвах. Повысить эффект микроэлементов можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые в равной мере эффективны в любых почвенно-агрохимических условиях и хорошо совместимы с регуляторами роста растений и средствами защиты растений [1, 3].

Некорневые подкормки хелатными микроудобрениями как фактор оптимизации питания исследовались при выращивании ярового ячменя, сахарной свеклы и картофеля.

Эффективность жидкого комплексного микроудобрения «Витамар» для некорневой подкормки вегетирующих растений исследовалось при возделывании ячменя сорта Якуб на полях ПСХ ОАО «Слуцкий Агросервис» на площади 206 га. Поля опытных участков в основном располагаются на легкосуглинистых почвах разной степени увлажнения.

По кислотности основные массивы почв опытных полей (как минеральных, так и торфяно-болотных) относятся к четвертой группе, т. е. являются слабокислыми. Все минеральные почвы опытных участков имеют среднее и повышенное содержание гумуса (четвертая и пятая группы). По обеспеченности почв опытных участков подвижными формами фосфора наблюдается значительное разнообразие. Все торфяно-болотные почвы имеют очень низкое содержание данного элемента (104–128 мг/кг почвы) и относятся к первой группе обеспеченности. Минеральные почвы относятся ко второй группе с низким содержанием P_2O_5 (98 мг/кг почвы).

По содержанию обменного калия минеральные почвы относятся к третьей группе обеспеченности со средним содержанием K_2O и четвертой группе с повышенным содержанием K_2O (226 мг/кг почвы).

Установлено, что применение концентрированного комплексного удобрения для некорневой подкормки ячменя – высокоэффективный агротехнический прием. Он обеспечивает рост урожайности и повышение содержания элементов питания в зерне. На фоне высоких доз органических удобрений применение препарата в норме 1,5 л/га в первую подкормку позволило получить прибавку 9,9 ц/га, а снижение первоначальной нормы до 1,0 л/га – 5,9 ц/га.

Единовременное внесение концентрированного комплексного удобрения в дозах 1,5 л/га и 2,0 л/га обеспечило прибавку урожая на 2,7 и 3,9 ц/га соответственно. Дробное внесение препарата «Витамар» и снижение первоначальной нормы приводило к уменьшению урожайности и соответственно ее прибавки не только по отношению к дозе 2,0 л/га, но и даже по отношению к дозе 1,5 л/га.

Таким образом, для получения наибольшей прибавки урожая ячменя от применения концентрированного комплексного удобрения необходимо вносить его в полной рекомендуемой дозе (2,0 л/га) единовременно, или основную норму (1,5 л/га) применять в первую подкормку, а во вторую подкормку вносить не значительное количество (0,5 л/га).

Наблюдается положительное влияние препарата «Витамар» на крупность зерна ячменя, и особенно ярко это проявляется в зависимости от величины первоначальных норм удобрения. Максимальное содержание азота (2,11 %), фосфора (1,18 %) и калия (0,64 %) характерно для варианта с одинаковой нормой внесения (по 1,0 л/га) в первую и во вторую подкормку.

Опыты по изучению эффективности новых жидких хелатных микроудобрений МикроСил при возделывании сахарной свеклы проведены в СПК «Городея» Несвижского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве. Размер опытной делянки 100 м² (10 × 10 м) [2].

Агрохимические показатели опытных участков колеблются в незначительной степени. Кислотность почвы была близкой к нейтральной и слабокислая. По содержанию гумуса почвы опытных участков обоих годов относятся к 4 группе (среднее) и имеют высокое содержание подвижных соединений фосфора и калия. По обеспеченности медью почвы можно отнести к 3 группе (высокая). По обеспеченности бором почвы относятся к 2 группе (средняя). По обеспеченности цинком почвы относятся к 1 группе (низкая).

Некорневую подкормку сахарной свеклы проводили ранцевыми опрыскивателями в два срока: в фазу 10–12 листьев и через 1,5 месяца после первой обработки. Расход рабочего раствора 200 л/га. Норма расхода удобрения: МикроСил-Бор – 1,5–2,0 л/га, МикроСил-Бор, Медь – 1,5–2,0 л/га.

При возделывании сахарной свеклы с применением микроудобрений МикроСил в некорневых подкормках наблюдалась разбежка по урожайности. Наиболее высокая урожайность была достигнута в 2010 г. В среднем за два года исследований максимальная урожайность достигнута в варианте, где применялся МикроСил-Бор, Медь в дозе 2,0 л/га. Прибавка составила 42 ц/га. Наименьшая урожайность получена при использовании микроудобрения МикроСил-Бор в дозе 1,5 л/га. Прибавка составила 23 ц/га. Применение микроудобрения МикроСил в фазу 10–12 листьев и через 1,5 месяца после первой обработки позволяет получить высокую урожайность корнеплодов, которая в зависимости от варианта опыта составляет 598–617 ц/га.

Внесение микроудобрений МикроСил-Бор и МикроСил-Бор, Медь оказало положительное влияние на повышение сахаристости корнеплодов. Комплексным показателем влияния исследуемых микроудобрений на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы является выход сахара. В среднем за два года максимальное содержание и выход сахара достигнуты в варианте при применении МикроСил-Бор в дозе 2 л/га – 17,7 и 15,5 %. Наименьшими оказались эти показатели при применении микроудобрения МикроСил-Бор в дозе 1,5 л/га – 7,2 и 15,1 %.

Установлено, что применение микроудобрений МикроСил-Бор и МикроСил-Бор, Медь для некорневой подкормки сахарной свеклы – высокоэффективный агротехнический прием, который обеспечивает рост урожайности и повышение содержания элементов питания и сахаристость корнеплодов. Применение микроудобрений МикроСил повышает урожайность сахарной свеклы от 598 до 617 ц/га и обеспечивает прибавку урожая от 23 до 42 ц/га.

Некорневая подкормка сахарной свеклы микроудобрением МикроСил увеличивает сахаристость от 17,2 до 17,5 %. Наибольшее содержание сахара обеспечивает применение микроудобрения МикроСил-Бор в дозе 2,0 л/га.

Для создания единицы массы сухого вещества картофель потребляет большое количество элементов питания. Поэтому обеспечение сбалансированного минерального питания при выращивании картофеля является определяющим для получения высоких урожаев с оптимальным содержанием полезных веществ.

Полевые опыты с картофелем сортов Зорачка, Бриз и Скарб проводили в 2015 г. на опытном поле лаборатории биотехнологии кафедры сельскохозяйственной биотехнологии и экологии УО БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке.

В опытах с картофелем сортов разных сроков созревания изучалось действие жидкого комплексного удобрения КомплеМет различных составов (Республика Беларусь) для некорневых подкормок картофеля на урожайность и качество клубней, а также исследовалась агрономическая и экономическая эффективность.

Некорневая подкормка жидким комплексным удобрением на основе микроэлементов увеличивала урожайность клубней картофеля на 37,0–166 ц/га, особенно при совместном внесении КомплеМета-Картофель и КомплеМета-Железо, где для сорта Скарб получена максимальная прибавка урожая – 166 ц/га.

Наибольшая окупаемость продукцией при данном агротехническом приеме наблюдалась в вариантах с применением КомплеМет-Железо (90,0–198,0 ц/л). Наиболее отзывчивым на применение жидких комплексных удобрений на основе микроэлементов является картофель сорта Скарб.

Применение составов комплексных жидких удобрений КомплеМет содержание крахмала было примерно на одном уровне для сортов Бриз и Зорачка и находилось в пределах 13,1–16,6 %. Сорт Скарб содержал крахмала на 1,7–2,9 % больше. Максимальный выход крахмала (9,8 т/га) был при совместной обработке микроудобрениями КомплеМет-Картофель и КомплеМет-Железо сорта Скарб.

Содержание соланина в товарных клубнях картофеля увеличивается в более скороспелых сортах (среднеранний – ранний). Содержание соланина в клубнях картофеля сорта Зорачка было большее (3,45–3,68 мг %), чем в других сортах. Некорневая подкормка картофеля составами комплексных жидких удобрений КомплеМет увеличивало содержание соланина во всех вариантах опыта для сортов Скарб и Зорачка на 0,10–0,13 мг % и 0,09–0,23 мг % соответственно.

Применение КомплеМета-Железо достоверно снижает содержание соланина в клубнях картофеля разных сроков вегетации после 6 месяцев хранения в среднем на 16,3–29,5 %.

Анализ полученных результатов показал, что некорневые подкормки являются существенным фактором оптимизации питания сельскохозяйственных культур, что позволяет получать более высокие урожаи лучшего качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оптимизация системы удобрения сельскохозяйственных культур при комплексном применении макро-, микроудобрений, регуляторов роста и бактериальных препаратов : рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки : БГСХА, 2017. – 34 с.
2. Поддубная, О. В. Урожайность и качество сахарной свеклы в зависимости от применения микроудобрений Микросил / О. В. Поддубная, И. В. Мирончикова. // Аграрная наука сельскому хозяйству XI Международная научно-практическая конференция. Книга 2. – Барнаул, 2016. – С. 216–219.
3. Применение удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов под сельскохозяйственные культуры : (рекомендации) / Г. В. Пироговская [и др.]. – Минск, 2010. – 40 с.

УДК 631.85:631.83

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Г. ПОДОЛЯК, канд. с.-х. наук, доцент, КУП «Гомельская ОПИСХ»,
А. Ф. КАРПЕНКО, доктор с.-х. наук, доцент, РНИУП «Институт радиологии»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В условиях преобладающих в Республике Беларусь дерново-подзолистых почв, которые в силу естественных причин имеют низкое потенциальное плодородие, применение удобрений является одним из наиболее существенных факторов, влияющих как на состояние плодородия почв, так и на их деградацию. Одним из видов химической деградации пахотных почв является истощение их элементами питания, что отчетливо проявляется при экстенсивном способе хозяйствования [1, 2]. Благодаря значительному росту запасов элементов питания в почвах в республике сохранилась достаточно высокая продукционная способность сельскохозяйственных земель в период, когда применение минеральных удобрений сократилось практически в 2 раза, а органических – в 3 раза [3].

Проведение мониторинга состояния сельскохозяйственных земель в республике возложено на областные проектно-изыскательские станции химизации сельского хозяйства, в число которых входит и Гомельская областная проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства (ОПИСХ).

Цель исследований – оценить потребность и эффективность внесения удобрений в хозяйствах Гомельской области под урожай 2017 года.

Материал и методика исследований. Исследовательская работа Гомельской ОПИСХ строится в соответствии с утверждаемой программой работ. Методическое руководство организацией работ осуществляет РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». Ежегодно станцией проводятся агрохимическое и радиологическое обследование сельскохозяйственных земель ряда районов Гомельской области на содержание питательных веществ в почве с последующим картированием обследованных земель в соответствии с методическими указаниями: «Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» и другими нормативными документами [4, 5, 6].

Основными направлениями деятельности Гомельской ОПИСХ является изучение баланса элементов почвенного питания, контролирование использования органических и минеральных удобрений,

известковых материалов с составлением плана известкования кислых почв и проектно-сметной документации на выполнение данного вида работ. Станция анализирует эффективность применения мелиорантов и удобрений в Гомельской области под урожай текущего года и за календарный год, определяет их агрономическую окупаемость. Кроме этого, производит расчеты стоимости комплекса работ на известкование кислых почв на землях с плотностью загрязнения Cs-137 1 Ки/км² и более и Sr-90 – 0,15 Ки/км² и более и определяются потребности в минеральных удобрениях для данных земель [6].

Известкование является важным и наиболее радикальным средством улучшения свойств кислых почв [7, 8, 9].

Известкование кислых почв в хозяйствах Гомельской области проводится согласно разработанной проектно-сметной документации. В 2017 году проведены работы по известкованию кислых почв на площади 46,3 тыс. гектаров. Одновременно были выполнены во всех районах области мероприятия, способствующие обеспечению производства сельскохозяйственной продукции в пределах требований радиационной безопасности. Для чего произвестковано 17,3 тыс. га сельскохозяйственных земель загрязненных цезием – 137 с плотностью более 1 Ки/км² и стронцием – 90 более 0,15 Ки/км².

Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса потребность в органических удобрениях, при сложившейся структуре посевных площадей, по области определена в количестве 12,7 млн т, или в расчёте по 18,3 т на 1 га пашни, с колебаниями по районам от 19,0 т/га (Светлогорский, Октябрьский) до 17,2 т/га (Добрушский), 17,4 т/га (Ветковский). Фактическое внесение их на пашню составило лишь 6,6 млн т., или по 8,1 т на 1 га, с колебаниями по районам от 12,3 т/га (Мозырский) до 3,8 т/га (Наровлянский). Кроме того, за счет посевов промежуточных культур, дополнительно в почву поступило 246,8 тыс т. органики. Этого количества органических удобрений оказалось недостаточным для обеспечения бездефицитного баланса гумуса. Дефицит удобрений достиг 5,9 млн т. или 46 % от потребности. Из-за этого в 189 хозяйствах области наблюдается деградация гумуса. Отсутствие достаточного количества компостирующего материала приводит к нарушению технологии приготовления и внесения качественных органических удобрений. Так, в течение года, на приготовление компостов было использовано только 1,4 тыс т. торфа, 436,9 тыс т. соломы и 17,4 тыс т. других видов подстилки.

При этом в структуре имеющегося навоза около 29% представляет полужидкая фракция и 9 % – жидкая. При сложившихся объемах использования торфа и соломы полужидкая и жидкая фракции навоза в полном объеме не используются, так как технические средства для внесения жидкой фракции практически отсутствуют, а полужидкой – не предназначены для ее внесения. При годовом внесении органики на сельскохозяйственные земли в количестве 7001,1 тысяч тонн, в летне-осенний период было внесено только 1189,2 тысяч тонн, или 17 %, с колебаниями по районам от 31 % (Б-Кошелевский) до 2 % (Кормянский и Чечерский), а в двух районах, таких как Ельский и Хойникский в летне-осенний период органика вообще не вносилась. Фактическая окупаемость 1 тонны органических удобрений, внесенных под зерновые и зернобобовые культуры, составила 24,3 кг зерна. По районам окупаемость 1 тонны органики колеблется от 18,6 кг зерна в Октябрьском и 19,6 кг в Хойникском районах до 32,2 кг – в Петриковском районе, при нормативной оплате 25 кг зерна. Фактическая оплата 1 тонны органических удобрений, внесенных под все сельскохозяйственные культуры на пашне, составляет 33,5 кг к.ед. По районам окупаемость 1 тонны органики колеблется от 26,0 кг к.ед. в Кормянском и 26,8 кг к.ед. в Хойникском районах, до 42,8 кг к.ед. в Петриковском районе и 42,5 кг к.ед. – в Житковичском, при нормативной оплате 35 кг к.е.

Потребность в минеральных удобрениях под урожай 2017 года составила 242,3 тыс т. действующего вещества NPK, в том числе 105,1 тыс т. азотных, 40,3 тыс. т. фосфорных и 96,9 тыс т. калийных. Фактически внесено 126,4 тыс т. действующего вещества NPK или 52 % к потребности, в том числе 65,5 тыс. т азотных, или 62 %, 13,4 тыс. т фосфорных, или 33 %, 47,5 тыс. т калийных, или 49 % к потребности.

На 1 га сельскохозяйственных земель области в 2017 году было внесено 106 кг NPK, что на 2 кг больше уровня прошлого года. На 1 га пашни внесено 152 кг, на 1 га посевной площади внесено 130 кг, что больше уровня прошлого года на 1 кг. В целях получения максимальной прибавки урожая от применения минеральных удобрений и наиболее полного использования плодородия почв, специалистами Гомельской ОПИСХ и районных агрохимотделов в 2017 году разрабатывались планы применения минеральных удобрений. Однако, анализируя баланс элементов питания сельскохозяйственных культур возделываемых на пашне, видно, что приход азота, фосфора и калия превышает их отчуждение, и только в Добрушском, Житковичском, Жлобинском, Октябрьском, Петриковском и Светлогорском районах по всем трем элементам питания сложился отрицательный баланс. В Буда-Кошелевском, Ельском, Калинковичском, Кормянском, Лельчицком, Наровлянском, Речицком, Хойникском и Чечерском районах баланс по азоту также отрицательный. В среднем по области на 1 га

пахотных почв остались не востребованными 1,1 кг фосфора. В 2017 году под зерновые и зернобобовые культуры было внесено по 4,6 т/га органических удобрений и 139 кг/га суммы NPK, с колебаниями по районам от 80 кг/га (Октябрьский) до 234 кг/га (Брагинский). Возможный уровень урожая зерновых и зернобобовых культур за счет плодородия почв без применения удобрений в среднем по области определен в 18,1 ц/га. Наиболее высокий он в Кормянском районе – 21,4 ц/га, наиболее низкий – 15,5 ц/га в Петриковском и Лоевском районах. Прогнозируемый (возможный) урожай по области определяется на уровне 28,8 ц/га зерна. Фактический урожай зерновых и зернобобовых по области составил 28,0 ц/га. Наиболее высокий урожай был получен в Речицком районе в количестве 36,2 ц/га, в Мозырском – 35,3 ц/га, в Ельском – 31,6 ц/га и Чечерском и Брагинском – по 31,1 ц/га, и наиболее низкий – в Октябрьском 18,5 ц/га, в Лоевском 20,3 ц/га, в Калинковичском 21,9 ц/га, в Светлогорском районе 22,1 ц/га.

Сопоставляя фактический урожай с прогнозируемым, можно судить об уровне использования плодородия почв и удобрений. Если этот показатель выразить в процентах, то по области он составил 97,2 %. Наиболее высокий уровень использования ресурсов достигнут в Петриковском районе – 128,9 %, затем по мере убывания в Мозырском – 123,9 %, в Речицком – 114,9 % и в Лельчицком – 111,5 %, а наиболее низкий уровень отмечен в Октябрьском – 74,3 %, в Хойникском – 78,4 % и в Рогачевском – 82,8 % районах. При нормативной оплате 1 кг NPK 6,81 кг зерна, фактическая оплата в среднем по области оказалась на 0,19 кг ниже. По районам окупаемость 1 кг NPK колебалась от 4,97 кг зерна в Лоевском районе до 7,82 кг в Мозырском районе, при нормативной оплате 5,97 и 6,31 кг зерна соответственно. Эффективность удобрений внесенных под все сельскохозяйственные культуры, возделываемые на пашне, выражается в кормовых единицах на один килограмм NPK. В 2017 году в области на посевную площадь было внесено по 6,9 т/га органических удобрений и 130 кг/га минеральных удобрений в действующем веществе, с колебаниями по районам от 61 кг/га (Житковичский) до 218 кг/га (Брагинский).

Прогнозируемый урожай по области следовало ожидать на уровне 38,0 ц/га к.е. Фактическая продуктивность пашни по области составила 36,4 ц/га к. е. Наиболее высокая она была в Речицком районе – 44,2 ц/га, Мозырском – 43,2 ц/га, Гомельском 41,7 ц/га, а наиболее низкая – в Калинковичском районе – 28,1 ц/га и Лоевском – 30,6 ц/га к. е.

Эффективность использования плодородия почв и удобрений, внесенных под все сельскохозяйственные культуры, составила 95,8 %. Наиболее низкая окупаемость отмечена в Брагинском, Буда-Кошелевском, Ветковском, Ельском, Жлобинском, Калинковичском, Кормянском, Лоевском, Наровлянском, Рогачевском, Хойникском и Чечерском районах. В 2017 году под картофель в области было внесено 170 кг/га суммы NPK, с колебаниями по районам от 35 (Ельский) до 295 кг/га (Чечерский) и 35,0 т/га органических удобрений. По данной культуре уровень использования ресурсов составил 116,7 %. Однако нормативная окупаемость минеральных удобрений достигнута только в одиннадцати районах, наибольшая она оказалась в Ельском и Ветковском районах. Наиболее низкая прибавка урожая картофеля отмечена в Жлобинском, Лельчицком и Лоевском районах.

Эффективность использования плодородия почв и удобрений, внесенных под кукурузу на зерно, составила 99,0 %. Нормативная окупаемость минеральных удобрений, вносимых под данную культуру, достигнута в тринадцати районах и наибольшая в Добрушском, Наровлянском, Лоевском и Ельском районах. Наиболее низкая окупаемость показана в Чечерском, Буда-Кошелевском и Калинковичском районах.

Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса при сложившейся структуре посевных площадей в Гомельской области необходимо ежегодно вносить не менее 12,7 млн тонн (в среднем 18,3 тонны на га) и 242,3 тыс. тонн действующего вещества NPK минеральных удобрений (в том числе 105,1 тыс. тонн азотных, 40,3 тыс. тонн фосфорных и 96,9 тыс. тонн калийных). При этом окупаемость 1 тонны органических удобрений составит порядка 33–35 кг к.ед., и 1 кг NPK на уровне 6,5–6,8 к.ед. с каждого гектара.

В 2017 году в области на посевную площадь было внесено в среднем по 6,9 т/га органических удобрений и 130 кг/га в действующем веществе минеральных удобрений, что позволили получить урожай на уровне 38,0 ц/га к.е. с каждого гектара. Эффективность использования плодородия почв и удобрений, внесенных под все сельскохозяйственные культуры, составила 95,8 %.

Наибольшая эффективность использования плодородия почв и удобрений (совместное внесение органических и минеральных удобрений) на пашне получена при внесении под кукурузу на зерно (99 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Effectiveness of agricultural practices in decreasing radionuclide transfer to plants in natural meadows Vidal, M., Camps, M., Grebenshikova, N., (...), Podolyak, A. G., Rauret, G. 2000 Radiation Protection Dosimetry 92(1-3). – С. 65–70.

2. Научные аспекты сельскохозяйственного производства в постчернобыльский период / А. Г. Подоляк, В. В. Валетов, А. Ф. Карпенко. – Мозырь: МГПУ им. И. П. Шамякина, 2017. – 242 с.
3. Современные проблемы радиологии в сельскохозяйственном производстве: монография / под общ. ред. Ю. А. Можайского. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2010. – 363 с.
4. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания / И. М. Богдевич [и др.] под ред. И. М. Богдевича. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.
5. Инструкция по известкованию кислых почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь. – Минск, 1997. – 26 с.
6. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012-2016 годы. – Минск: Институт радиологии, 2012. – 121 с.
7. Агрохимическая и радиологическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Гомельской области. – Гомель: КУП «Гомельская ОПИСХ», 2009. – 438 с.
8. Радиологические аспекты применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях / Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, Е. В. Смольский, А. Ф. Карпенко // Агрохимический вестник. Сер. хим. наук. – 2016. – № 2. – С. 10–14.
9. Белоус, Н. М. Эффективность защитных мероприятий при реабилитации кормовых угодий России и Беларуси, загрязненных после катастрофы на Чернобыльской АЭС / Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко, Е. В. Смольский // Радиационная биология. Радиоэкология, 2016, том 56, № 4. – С. 405–413.

УДК 631.82: 633.11

РАБОТА ФИЗИОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ РЖИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Ф. А. ПОПОВ, канд. с.-х. наук,
Е. Н. НОСКОВА, канд. с.-х. наук,
О. А. СИМОНОВА, канд. с.-х. наук,
ФГБНУ Федеральный Аграрный Научный Центр Северо-Востока,
г. Киров, Российская Федерация

Применение удобрений издавна признано ведущим фактором высокой урожайности сельскохозяйственных культур при выполнении технологических приемов, разработанных для конкретного сорта. Это положение особенно важно для дерново-подзолистых почв европейского Северо-Востока России, содержащих сравнительно небольшое количество легкодоступных элементов питания и отличающихся низким естественным плодородием [1]. Длительные опыты с удобрениями дают возможность глубоко изучить закономерности их действия на урожай и его качество [2].

В длительном стационарном опыте ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в шестипольном зерно-паротравяном севообороте в 2017–2018 гг. проводилось изучение влияния возрастающих доз минеральных удобрений на развитие элементов урожайности озимой ржи сорта Фаленская 4. Предшественник – чистый пар. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на элювии пермских глин. Схема опыта включает 54 варианта. Посевная площадь делянки 140 м², повторность двукратная [3]. Варианты опыта, данные которых использованы в статье: 000 – без удобрений, 111 – (NPK)30, 222 – (NPK) 60, 333 – (NPK)90, 444 – (NPK)120, 555 – (NPK)150. Минеральные удобрения вносили вручную под предпосевную культивацию. Использовались аммиачная селитра, двойной суперфосфат и хлористый калий. Агрохимические показатели почвы сложились различные в каждом варианте опыта. Так, в контроле без удобрений: рН_{сол} 4,55; Р₂О₅ 85 мг/кг; К₂О 158 мг/кг; гумус 1,27 %; в варианте с максимальной дозой удобрений (NPK)150: рН_{сол} 4,17; Р₂О₅ 180 мг/кг; К₂О 43 мг/кг; гумус 1,54 % (средние по трем полям) [4].

Для анализа работы физиолого-генетических систем растений озимой ржи были использованы методические подходы, ранее примененные на других зерновых культурах – овсе, ячмене и яровой пшенице [5].

Результаты проведенных исследований указывают на то, что с повышением дозы полного минерального удобрения закономерно возрастают величины определяемых параметров урожайности растений озимой ржи при пересчете на единицу площади (таблица), хотя последние два варианта не имели статистически значимых различий по большинству признаков.

Развитие элементов структуры урожайности озимой ржи Фаленская 4 при внесении разных доз минеральных удобрений

Вариант опыта*	Число стеблей, шт./м ²	Число колосьев, шт/м ²	Масса снопа, г/м ²	Масса колосьев, г/м ²	Масса зерна г/м ²
000	280	268	1600	407,0	215,4
111	302	284	2260	536,1	325,4
222	376	344	2560	619,3	367,6
333	416	374	2680	714,3	448,0
444	524	518	3480	1044,0	636,0
555	500	504	4300	1098,5	532,4

* – дозы вносимых удобрений в каждом варианте приведены в тексте.

Проведенная оценка экономической эффективности также показала закономерное снижение окупаемости вносимых удобрений урожаем зерна с повышением дозы вносимых удобрений. Что может быть связано, в первую очередь, с высокой стоимостью самих удобрений.

Чаще всего объяснения различий в развитии элементов урожайности растений сводятся к тому, как удобрения влияют на полевую всхожесть, сохранность растений к уборке, продуктивную и общую кустистость и, соответственно, на число колосьев и зерен в каждом колосе [6]. При этом исследователи часто приходят к заключениям о том, что вклад фактора «сорт» в вариативность показателя продуктивности гораздо меньше, чем факторов «год» и «доза удобрения».

С одной стороны, это можно объяснить малой выборкой исследуемых сортов, чаще всего – это только районированные сорта, что резко снижает генотипическую основу проводимых опытов.

С другой стороны, значительно реже предпринимаются попытки дать физиологическую оценку происходящим в растениях процессам – вполне возможно, что при разном уровне плодородия, создаваемого удобрениями, в растениях происходят перестройки физиолого-генетического плана. Как указывает В. А. Драгавцев [7], при разных внешних условиях роста формирование какого-либо количественного признака определяется влиянием разных генов (без изменения самого генотипа).

На рисунке представлено распределение опытных вариантов в двумерной системе координат «масса зерна одного растения» – «масса мякоти одного растения», которое позволяет проанализировать результаты работы трех физиолого-генетических систем растений: адаптивности, аттракции и микрораспределения ассимилятов внутри колоса.

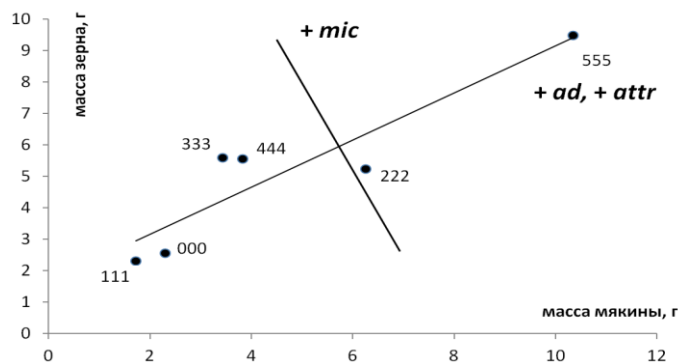


Рис. Графическое представление работы физиолого-генетических систем аттракции, адаптивности и микрораспределения ассимилятов у растений озимой ржи сорта Фаленская 4 при возрастающих дозах минеральных удобрений

Как следует из данных рисунка, лучше всего физиолого-генетическая система микрораспределения ассимилятов работала у растений озимой ржи сорта Фаленская 4 в варианте внесения (NPK)90 (вариант 333) – данная точка имеет наибольший положительный сдвиг по оси *mic*. Другими словами, в данном варианте опыта ассимиляты, синтезированные за время вегетации, в наибольшей степени откладывались именно в зерновку, тогда как в вариантах (NPK)0 – (NPK)60 (000, 111 и 222) относительно большая часть ассимилятов откладывалась в мякоть, т.е. в хозяйственно бесполезной части колоса.

Физиолого-генетические системы аттракции и адаптивности (*attr*, *ad*) лучше всего работали при внесении максимальной дозы удобрения, а вот предыдущие дозы – (NPK)90 и 120 – приводили к значительному ухудшению работы этих систем. В этих вариантах продукты фотосинтеза в наибольшей степени аттрагировались из листьев и стеблей растений в сторону колоса.

В случае, когда на работу трех оцениваемых физиолого-генетических систем растений влияли бы только дозы минерального удобрения, можно было бы ожидать закономерного распределения точек вариантов вдоль каждой из осей. Вполне очевидно, что за время вегетации растений на них в значительной степени действовали и другие внешние факторы, имеющие уровень стрессового воздействия – например, это могли быть факторы перезимовки, а также факторы весенне-летней вегетации – закисление почвы, засушливые условия и т. д. – которые имеют собственную сезонную динамику [8], действие которых не может быть компенсировано возрастающими дозами удобрений [9].

Таким образом, анализируя работу физиолого-генетических систем растений, можно выявить те дозы минеральных удобрений, которые будут в наибольшей степени способствовать перераспределению продуктов фотосинтеза из стебля и листьев в колос (NPK₁₂₀), а также в хозяйственно ценную часть колоса (зерновку) (NPK₉₀). Отсутствие закономерной связи между положением точек на графике и дозой вносимых удобрений говорит о значительном влиянии на результаты исследования стрессовых средовых факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисицын, Е. М. Создание сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика / Е. М. Лисицын, Г. А. Баталова, И. Н. Щенникова. Palmarium Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2012. 333 с.
2. Абашев, В. Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы свеча / В. Д. Абашев, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова, С. Н. Жук // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 2(57). – С. 35–40.
3. Абашев, В. Д. Изменение продуктивности культур зернопаротравяного севооборота и агрохимических показателей почвы в многолетнем полевом опыте при применении минеральных удобрений / В. Д. Абашев, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова, Е. В. Светлакова // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2018. – Выпуск 3 – (№9). – С. 76–84.
4. Абашев, В. Д. Влияние возрастающих доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой ржи / В. Д. Абашев, Е. В. Светлакова, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова, А. В. Денисова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2014. – №4(41). – С. 26–30.
5. Лисицын, Е. М. Потенциальная алюмоустойчивость сельскохозяйственных растений и ее реализация в условиях европейского северо-востока России. Дисс... д-ра биол. наук. / Е.М. Лисицын. Киров, 2005. – 416 с.
6. Пасынкова, Е. Н. Формирование урожая и технологических качеств зерна различных сортов овса в зависимости от доз и сроков применения азотных удобрений / Е. Н. Пасынкова, А. В. Пасынков, С. А. Баландина // Агрохимия. – 2008. – № 4. – С. 43–51.
7. Драгавцев, В. А. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов с/х растений по урожайности, устойчивости и качеству / В. А. Драгавцев. СПб. ВИР. – 2002. – 80 с.
8. Лисицын, Е. М. Эдафические стрессовые факторы северо-востока европейской части России и проблемы селекции растений / Е. М. Лисицын, Л. Н. Шихова, А. В. Овсянкина // Сельскохозяйственная биология. 2004. т. 39. №3. С. 42–60.
9. Драгавцев, В. А. Повышение "оплаты" минеральных удобрений урожаем и генетико-селекционные проблемы / В. А. Драгавцев // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2009. – № 3. – С. 26–27.

УДК 635.615:631.547.2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ АРБУЗА

Н. Л. ПОЧТОВАЯ, канд. с.-х. наук, доцент,
А. В. ИСАКОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
УО «Белорусская сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь актуальным направлением сельскохозяйственного производства является расширение ассортимента культур, пользующихся высоким спросом, но традиционно не возделываемых на территории страны в промышленных масштабах. Одной из таких культур является арбуз (*Cucurbitaceae* Juss.), который уже длительный период возделывается на приусадебных участках, чаще всего в защищенном грунте, однако, исследования и производственный опыт фермерских хозяйств показывает, что данная культура может возделываться и давать высокий урожай и в открытом грунте, при условии правильного подбора сортов и гибридов для конкретного региона.

Впервые на территории Беларуси арбуз был выращен на теплых грядках на опытной станции в Лошице 1, Минский район учёным П. С. Шестопалом в 50-х годах прошлого века. Однако, позже от идеи выращивать бахчевые в Беларуси отказались, так как в Советском Союзе эту культуру закрепили за более южными регионами. И только в 2005 году исследования в этой области были возобновлены. Идею выращивания арбузов в Республике Беларусь привнес доктор наук, профессор М. Ф. Степурко, который заметил, что они достаточно пластичны, и выращивать их можно по всей стране, получая высокие урожаи [1].

Опыт возделывания арбуза в производственных условиях имеется практически во всех областях республики: в Брестском районе д. Чернавчицы, в Кобринском районе д. Бельск и д. Новоселки; Гомельской области, Речицком районе ФХ «АгроРемпроизводство»; Гродненской области, Лидском районе; Витебском районе сортоиспытательной станции на территории хозяйства «Ольговское»; Минской области, Смолевичском районе КФХ «Дружба К», Минском районе РУП «Институт овощеводства» [2]. Культура арбуза даже при всех затратах весьма прибыльна, как показал опыт Владимира Александровича Крапивки рентабельность выращивания арбуза в нашей стране может достигать 157 %, что больше чем у любой другой культуры, возделываемой в Республике Беларусь [1].

Однако климат страны оказывает постоянное стрессовое влияние на вегетирующие растения арбуза. Сумма активных температур, необходимая для гарантированного получения урожая арбуза составляет около 3000 °С. Данная сумма активных температур характерна только для некоторых южных районов Республики Беларусь. Это свидетельствует о том, что получение качественного урожая без использования укрывных материалов и сбалансированного питания возможно не каждый год. При использовании регуляторов роста растение арбуза легче переносит неблагоприятные условия, и позволяет получать урожай даже на севере страны.

В связи с вышесказанным, целью наших исследований было – установить эффективность применения регуляторов роста при выращивании арбуза.

Исследования проводились в 2018 году на учебно-опытном поле кафедры плодовоовощеводства УО БГСХА (Рытовский огород).

Почва участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая лессовидным суглинком. Содержание подвижных форм фосфора – 170 мг/кг почвы (по Кирсанову), обменного калия – 281 мг/кг почвы (по Кирсанову), гумуса – 2,2 % (по Тюрину), рНКС1 – 6,5.

Объектами исследований являлись сорта арбуза Романза F₁, Эврика F₁, Розарио F₁ и регуляторы роста: Циркон, Эпин экстра.

Посев семян на рассаду – 25 апреля. Объем кассеты для рассады – 100 мл. Возраст рассады 28–30 дней. Сроки высадки рассады в северной зоне республики – 3-я декада мая – 1-я декада июня. При посадке рассады проводили полив. Растение заглубляли в лунку до семядольных листьев. Схема посадки 200×100 см. Повторность трехкратная, размещение вариантов опыта рендомизированное. Площадь опытной делянки составила 10 м². Опрыскивание растений арбуза проводили в период вегетации: Циркон (0,01 л/га), Эпин Экстра (0,06 л/га), расход рабочей жидкости 300 л/га. Технология возделывания общепринятая [1]. Основные учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам [3].

В наших исследованиях благодаря использованию регуляторов роста удалось значительно повысить урожайность арбуза.

Регулятор роста Эпин Экстра показал наибольшую эффективность (табл. 1). В варианте опыта с гибридом Романза F₁ средняя масса плода по сравнению с контролем возросла с 6,1 до 6,7 кг, а прибавка урожайности составила 10,53 %, при урожайности 37,5 т/га. В варианте опыта с гибридом Эврика F₁ средняя масса плода по сравнению с контролем возросла с 6,5 до 7,1 кг, а прибавка урожайности составила 8,87 %, при урожайности 35,6 т/га. В варианте опыта с гибридом Розарио F₁ средняя масса плода по сравнению с контролем возросла с 5,2 до 5,7 кг, а прибавка урожайности составила 9,62 %, при урожайности 28,5 т/га.

Таблица 1. Влияние регуляторов роста на урожайность арбуза

Вариант	Масса плода, кг	Урожайность, т/га	Прибавка	
			т/га	%
Романза F ₁				
Контроль (вода)	6,1	30,4	0,0	0,00
Циркон	6,4	32,0	1,6	5,26
Эпин Экстра	6,7	33,6	3,2	10,53
НСР ₀₅	–	1,44	–	–
Эврика F ₁				
Контроль (вода)	6,5	32,7	0,0	0,00
Циркон	6,9	34,5	1,8	5,50
Эпин Экстра	7,1	35,6	2,9	8,87
НСР ₀₅	–	1,71	–	–
Розарио F ₁				
Контроль (вода)	5,2	26,0	0,0	0,00
Циркон	5,5	27,4	1,4	5,38
Эпин Экстра	5,7	28,5	2,5	9,62
НСР ₀₅	–	1,24	–	–

Регулятор роста Циркон показал меньшую эффективность в нашем опыте. В варианте опыта с гибридом Романза F₁ средняя масса плода по сравнению с контролем возросла с 6,1 до 6,4 кг, а прибавка урожайности составила 5,26 % при урожайности 32,0 т/га. В варианте опыта с гибридом Эврика F₁ средняя масса плода по сравнению с контролем повысилась с 6,5 до 6,9 кг, а прибавка урожайности составила 5,50 %, при урожайности 34,5 т/га. В варианте опыта с гибридом Розарио F₁ средняя масса плода по сравнению с контролем возросла с 5,2 до 5,5 кг, а прибавка урожайности составила 5,38 %, при урожайности 27,4 т/га.

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства является одной из актуальных проблем, успешное решение которой открывает дальнейшие возможности для ускорения темпов его развития и надёжного снабжения страны сельскохозяйственной продукцией.

На практике экономическую эффективность очень многих агроприёмов и мероприятий определяют путём сравнения стоимости дополнительной продукции (определённый доход) с дополнительными затратами (придельные издержки), учитывая только прямые производственные затраты без различных накладных расходов. Закупочная цена плодов арбуза составляет 500 руб./т (табл. 2).

Использование регуляторов роста позволяет получить дополнительный доход. В наших исследованиях условный дополнительный доход с 1 га от применения препарата Циркон составил от 620,85 руб. до 805,73 руб. в зависимости от гибрида арбуза, от применения Эпин Экстра от

1118,09 руб. до 1441,63 руб. в зависимости от гибрида. Окупаемость затрат соответственно составила при применении Эпин Экстра от 9,48 – 10,10 руб./руб., Циркона – 8,84 – 9,55 руб./руб.

Таблица 2. Экономическая эффективность применения микроэлементов и регуляторов роста

Вариант опыта	Стоимость дополнительной продукции, руб./га	Всего дополнительных затрат, руб./га	Прибавка урожайности, т/га	Себестоимость 1 т дополнительной продукции, руб.	Дополнительная прибыль, руб.	Окупаемость дополнительных затрат, руб./руб.
Романза F ₁						
Контроль (вода)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Циркон	800,00	86,71	1,6	54,19	713,29	9,23
Эпин экстра	1600,00	158,37	3,2	49,49	1441,63	10,10
Эврика F ₁						
Контроль (вода)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Циркон	900,00	94,27	1,8	52,37	805,73	9,55
Эпин экстра	1450,00	147,03	2,9	50,70	1302,97	9,86
Розарио F ₁						
Контроль (вода)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Циркон	700,00	79,15	1,4	56,54	620,85	8,84
Эпин экстра	1250,00	131,91	2,5	52,76	1118,09	9,48

Таким образом, было достоверно установлено, что использование регуляторов роста существенно увеличивает урожайность арбуза и обеспечивает прибавку к урожайности до 3,2 т/га. Использование данных препаратов экономически выгодно, что подтверждает окупаемость, которая составляет до 10,10 рублей с 1 рубля затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научные основы интенсивных технологий возделывания арбуза / М. Ф. Степура [и др.]. – Минск: Вараксин, 2016. – 176 с.
2. Технология возделывания арбуза в условиях Беларуси / М.Ф. Степура [и др.]. – Минск: РУП «Институт овощеводства», 2014. – 19 с.
3. Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве. – М.: Колос, 1994. – 383 с.

УДК 633.15:631.588

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ ЕМ1 «КОНКУР» НА КУКУРУЗЕ

Н. Л. ПОЧТОВАЯ, канд. с.-х. наук, доцент,
Т. Н. КАМЕДЬКО, канд. с.-х. наук,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В условиях ограниченного роста посевных площадей основной путь увеличения валовых сборов сельскохозяйственный культур – повышение их урожайности и качества продукции за счет интенсивных технологий возделывания.

Интенсивная технология опирается на биологические характеристики растений по этапам органогенеза, предусматривает использование приемов удовлетворения потребности растений в факторах жизни по фазам и этапам развития, позволяет управлять урожаем и его качеством.

На современном этапе высокий уровень культуры земледелия является одним из путей увеличения урожаев полевых культур. При этом на фоне возрастающей антропогенной нагрузки на агроценозы, нерационального использования агрохимикатов особую актуальность приобретает применение экологически чистых биопрепаратов, способствующих увеличению скорости круговорота питательных элементов [1, 2].

Комплексное использование биопрепаратов является обязательным условием повышения урожаев полевых культур, защиты посевов от вредных объектов.

Устойчивость к болезням формируется благодаря применению биопрепаратов, в основе действия которых лежит механизм активизации защитных свойств растительного организма и способность угнетать вредные объекты.

Биопрепараты успешно применяются в корректировке основных процессов жизнедеятельности растительных организмов.

Использование производных органических веществ имеет неоспоримое преимущество по сравнению с продуктами производства химической промышленности – это интегральное высокоэффективное воздействие на основные процессы в растительном организме [3, 4].

Экологически ориентированные системы в земледелии на основе биопрепаратов дают возможность снизить на 25–60 % дозы минеральных удобрений, повысить урожайность и качество продукции на фоне снижения себестоимости и повышения рентабельности производства.

В связи с этим существует необходимость в изучении эффективности биологических добавок и расширении ассортимента биопрепаратов, на фоне которых увеличивается урожайность и качество продукции.

Цель исследований – оценить эффективность добавки биологической ЕМ 1 «Конкур» в качестве микробиологического удобрения при применении на кукурузе.

Исследования проводили в УО БГСХА на кафедре плодородия почв в 2016 году. Использовали микробиологическое удобрение ЕМ1 «Конкур», Ж, действующее вещество – молочнокислые бактерии и дрожжи; препаративная форма – жидкость от темно-желтого до темно-коричневого цвета.

Почва участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Содержание гумуса 2,1 %, кислотность почвы рН 6,2. Обеспеченность почвы макро- и микроэлементами высокая.

Применение микробиологического удобрения ЕМ1 «Конкур», Ж позволило оценить его действие на урожайность и качественные показатели в соответствии с нормами и сроками обработки, схемой опыта (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта

Варианты опыта	Норма расхода, л/га	Срок обработки	Кратность обработки
Контроль (без применения удобрения)			
ЕМ1 «Конкур», Ж	1,0 л/га	Внекорневая подкормка:	
		– первая – фаза полных всходов.	1
		– вторая – через 15 дней после первой.	1
		– третья – через 15 дней после второй	1
		Расход рабочей жидкости – 500 л/га	
Байкал ЭМ1, ВР (эталон)	0,5 л/га	Внекорневая подкормка:	
		– первая – фаза полных всходов.	1
		– вторая – через 15 дней после первой	1
		– третья – через 15 дней после второй	1
		Расход рабочей жидкости – 500 л/га	

Обработка почвы осуществлялась в соответствии с агротехническими требованиями культуры [5]. Виды и сроки проведения мероприятий по уходу за посевами (посадками) проводили в соответствии с общепринятой технологией ухода за культурой и отраслевым регламентом, утвержденным МСХиП 27.10. 2009 г.

В ходе исследований отмечали фенологические фазы растений, проводили учет урожая, его структуру, качественный состав продукции.

При применении микробиологического удобрения ЕМ1 «Конкур», Ж на кукурузе отмечалось статистически достоверное увеличение урожайности ($НСР_{05} - 17,31$) культуры, высоты растений ($НСР_{05} - 3,18$) (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность кукурузы

Варианты опыта	Высота растений, см	Масса растений, кг/м ²	Урожайность, т/га
Контроль (без применения удобрения)	212,5	9,040	90,40
ЕМ1 «Конкур», Ж	222,2	11,625	116,25
Эталон БАЙКАЛ ЭМ1, ВР	231,3	12,375	123,75
$НСР_{05}$	3,18	1,731	17,31

Высота растений кукурузы перед уборкой составила: 212,5 см в контрольном варианте, 222,2 см – в варианте с применением удобрения Конкур, Ж и 231,3 см – при применении эталона Байкал ЭМ1, ВР.

Установлено, что на протяжении периода вегетации кукурузы в варианте с применяемым удобрением наблюдалось увеличение массы растений. Урожайность при уборке в контрольном варианте составила 90,4 т/га. В варианте с применением удобрения ЕМ1 «Конкур», Ж – 116,25 т/га; с применением эталона Байкал ЭМ1, ВР – 123,75 т/га.

При оценке качественных показателей при применении микробиологического удобрения ЕМ1 «Конкур», Ж отмечены статистически достоверные различия по содержанию клетчатки ($НСР_{05} - 1,86$) и сырого протеина ($НСР_{05} - 0,186$). Выявлено, что значения данных показателей выше по сравнению с контролем при применении микробиологического удобрения ЕМ1 «Конкур», Ж и эталона (табл. 2).

Таблица 3. Качественные показатели кукурузы

Варианты опыта	Клетчатка, %	Сухое вещество, %	Сырой протеин, %	N, %
Контроль (без применения удобрения)	13,87	52,39	3,06	0,49
ЕМ1 «Конкур», Ж	23,24	52,86	3,25	0,52
Эталон БАЙКАЛ ЭМ1, ВР	15,88	52,77	3,69	0,59
$НСР_{05}$	1,86	Нет различий	0,186	0,062

Таким образом, при применении удобрения ЕМ1 «Конкур», Ж на кукурузе наблюдалось увеличение высоты растений, урожайности. Отмечено, что внесение удобрений способствует большему выходу продукции с единицы площади и повышению качественных показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оказова, З. П. Влияние биопрепаратов на фитосанитарное состояние и продуктивность посевов кукурузы в условиях РСО – Алания / З. П. Оказова, А. А. Абаева // Кукуруза и сорго. – 2006. – № 6. – С. 14–15.
2. Волков, А. И. Агроэкономическая оценка энергосберегающих технологий возделывания кукурузы на зерно на Северо-Востоке Нечерно-земной зоны России / А. И. Волков, Н. А. Кириллов // АГРО XXI. 2013. № 4 – 6. – С. 9–10.
3. Багринцева, В. Н. Влияние калийных удобрений на рост и продуктивность растений кукурузы на черноземе обыкновенном карбонатном. / В. Н. Багринцева. // Агрохимия. – 2006. – № 6. – С. 33–44.
4. Вакуленко, В. В. Регуляторы роста растений для предпосевной обработки семян // В. В. Вакуленко, О. А. Шаповал. // Защита и карантин растений. – 1998. – №8. – С. 9–10.
5. Гусаков, В. Г. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала: сб. отраслевых регламентов. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем, исслед. в АПК НАН Беларуси; рук. разработ / В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 520 с.

УДК 633.367.2:631.81.095.337:631.559

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

М. Л. РАДКЕВИЧ, соискатель,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Существенным резервом увеличения урожайности сельскохозяйственных культур является применение микроэлементов. Они выполняют важнейшие функции в процессах жизнедеятельности растений и являются необходимым компонентом системы их питания [1]. Микроэлементы входят в состав основных физиологически активных веществ. Они повышают ферментативную активность растений, улучшают поглощение ими элементов питания, способствуют усилению активности фотосинтеза и ассимилирующей деятельности всего растения. Под влиянием микроэлементов растения становятся более устойчивыми к неблагоприятным факторам внешней среды, а также к поражению болезнями и вредителями [2].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что при научно обоснованном применении микроудобрений с учетом содержания их в почве и отзывчивости сельскохозяйственных культур, прибавка урожайности от многих из них может достигать 10–15 %, улучшая качество продукции [2].

Дифференцированное применение микроэлементов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур является дополнительным и значительным резервом дальнейшего роста урожайности и качества растениеводческой продукции [3].

Поэтому одной из задач исследований явилось изучение влияния различных видов микроудобрений на урожайность, качество и накопление микроэлементов в зерне люпина узколистного.

Для достижения поставленной цели проводили исследования на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2011–2013 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком, характеризовалась следующими агрохимическими показателями: низким и средним содержанием гумуса (1,48–1,69 %), повышенным и средним – подвижных форм фосфора и калия (238–242 мг/кг; 176–187 мг/кг соответственно), низким и средним содержанием меди и цинка (1,35–2,82 мг/кг; 1,87–3,26 мг/кг) соответственно, низким содержанием Со (0,55–0,6 мг/кг) и Мп_{обм.} (1,5 мг/кг). Реакция почвы была близкой к нейтральной (рН kcl -6,13–6,2), средней степенью окультуренности (ИО=0,71).

Объектом исследований являлся сорт люпина узколистного зернового направления Першацвет.

Агротехника возделывания люпина узколистного (обработка почвы, нормы высева семян, сроки и способы сева) рекомендуемая современными технологическими регламентами. Предшественник – яровые зерновые. Опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение делянок рендомизированное, форма прямоугольная. Общая площадь делянки составила 30 м², учетная – 25 м².

Минеральные удобрения вносились общим фоном в дозах N₃₀P₃₀K₉₀. В опытах применялись карбамид (46 % N), аммофос (10 % N, 50 % P₂O₅), хлористый калий (60 % K₂O). В качестве протравителя применяли Максим XL в дозе 1 л/т. Микроэлементы, регуляторы роста и бактериальные удобрения вводили в пленкообразующие составы при предпосевной обработке семян. В качестве прилипателя использовали 2%-й раствор NaKMЦ. Для инкрустации семян применялись различные формы микроэлементов в виде солей: CuSO₄*5H₂O (после стабилизации гидрооксидом аммония), ZnSO₄*7H₂O,

$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$, $\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ и однокомпонентные микроэлементы в хелатной форме - Cu (хелат), Zn (хелат), Co (хелат). Также совместно с микроэлементами в инкрустационные составы вводился регулятор роста Эпин в дозе 80 мл/т.

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений)
2. $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$
3. $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$ +Фитостимифос+Сапронит+Эпин (ФОН)
4. (ФОН)+ $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$
5. (ФОН)+ Cu (хелат)
6. (ФОН)+ $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$
7. (ФОН)+ Zn (хелат)
8. (ФОН)+ $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$
9. (ФОН)+ Co (хелат)
10. (ФОН)+ $\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$

Более высокая требовательность кормового люпина, как и всех высокобелковых зернобобовых культур, обуславливает строжайшее выдерживание регламента технологии возделывания, так как их посевы представляют собой согласованно работающую систему, состоящую из растений (макробионта) и азотфиксирующих бактерий (микробионта) [4].

Зернобобовые культуры очень чувствительны к недостатку микроэлементов и хорошо отзываются на внесение микроудобрений.

Проведенные исследования позволили установить, что микроэлементы оказали сильное влияние на рост урожайности зерна люпина узколистного сорта Першацвет, прибавка к фону в среднем за 3 года составила от 2,9–8,7 ц/га или 5,7–38 %. В среднем за 3 года исследований наибольшая прибавка (8,7 ц/га) урожайности от применения микроэлементов была получена в варианте $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$ +Фитостимифос+Сапронит+Эпин+ Co (хелат). Достоверная прибавка урожайности так же была получена при включении в инкрустационные составы меди, цинка и марганца – 5,0–8,5; 1,3–4,3; 5,7 ц/га соответственно.

Применение микроудобрений обеспечивает значительное увеличение урожайности и улучшает качество растительной продукции, ее питательную ценность. В наших исследованиях отмечена положительная роль микроэлементов на накопление сырого протеина. Наиболее высоким содержанием сырого протеина в зерне люпина узколистного сорта Першацвет (32,3 %) отмечен вариант, где применялась хелатная форма кобальта. Это, по-видимому, связано с тем, что данный микроэлемент улучшает использование азота. Изучаемые микроэлементы способствовали повышению в зерне сырого протеина с 29,5 % в фоновом варианте до 30,4–32,3 % в вариантах с микроэлементами.

В настоящее время для Республики Беларусь важным остается вопрос обогащения микроэлементами сельскохозяйственной продукции, поскольку низкое содержание некоторых из них в почвах и растениях способствует распространению эндемических заболеваний животных и человека.

Анализ данных содержания микроэлементов в зерне показывает, что их содержание зависит от биологических особенностей культуры и технологических приемов возделывания. Увеличение содержания меди в зерне относительно фонового варианта (3,8 мг/кг) на 1,69–2,25 мг/кг получено в вариантах с медьсодержащими удобрениями. Включение в предпосевную обработку сульфата цинка и хелата цинка позволило повысить содержание цинка в зерне относительно фона на 4,09–6,95 мг/кг. Накопление марганца и кобальта в зерне находилось в прямой зависимости от внесения марганцевого удобрения. В целом, содержание меди, цинка, марганца и кобальта в зерне люпина узколистного при внесении соответствующих микроудобрений было близким или соответствовало установленным оптимальным концентрациям [5].

Таким образом, в условиях дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с низким и средним содержанием микроэлементов в почве эффективным технологическим приемом с учетом качества получаемой продукции, обеспечивающим повышение урожайности зерна люпина узколистного, является включение в предпосевную обработку семян микроэлементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения макро- и микроудобрений при возделывании пивоваренного ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, И. В. Глатанкова // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – №1(50). – С. 156.
2. Булавин, Л. А. Агроэкономическая эффективность применения микроэлементов на посевах озимого и ярового рапса / Л. А. Булавин // Вестник БГСХА. – 2012. – С. 37.
3. Рак, М. В. Зависимость урожайности и качества люпина узколистного от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы кобальтом и применения кобальтовых удобрений / М. В. Рак, Е. Н. Пукалова // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – №1(50). – С. 226–235.

4. Шор, В. Ч. Кормовой узколистный люпин: перспективы в Беларуси / В. Ч. Шор, Н. С. Купцов // Наше сельское хозяйство. – 2012. – №3. – С. 46.

5. Анспок, П. И. Микроудобрения: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 272 с.

УДК 631.452: 631.81: 504.315

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ПРОБЛЕМЫ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ НА СРЕДНЕКАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Т. Р. РЫСПЕКОВ, канд. с.-х. наук, ассоциированный профессор,
М. А. БАЛКОЖА, магистр,
НАО «Казахский национальный аграрный университет»,
г. Алматы, Республика Казахстан

Для прогноза формирования фитомассы на среднекаштановых почвах в условиях Северного Казахстана существуют сложные многофакторные почвенно-климатические взаимоотношения. Эти взаимоотношения не позволяют найти конкретные закономерности для определения возможного чередования увлажненных, типичных и засушливых сроков по годам. Поэтому рациональное использование среднекаштановых почв Северного Казахстана, можно считать, очень далеко от желаемого.

Цель работы – на фоне высокой нестабильности урожаев показать вероятность влияния некоторых погодных факторов на формирование урожая, показать, что эти факторы являются, возможно, причиной влияющей на прогноз урожая.

Задачи для достижения поставленной цели:

- показать вариабельность урожайности зерновых культур за ряд лет;
- показать вариабельность температуры почвы за летний сезон в верхних слоях почвы за ряд лет;
- показать вариабельность атмосферных осадков за летний сезон за ряд лет.

Систематизация многих показателей необходимы для установления взаимосвязей между ними. Это те взаимосвязанные факторы подзоны, которые позволяют предположить, как они повлияли на урожайность яровой пшеницы в разные годы. Н. Г. Малюга, Н. Д. Тарасенко пишут: «Особенно эти различия велики в зонах засушливого и неустойчивого увлажнения в осенний период вегетации растений и во время формирования и налива зерна. Так, например, во 2-й засушливой зоне запасы влаги в неблагоприятные годы были в 4–6 раз меньше, чем в благоприятные». Именно поэтому в этих зонах и значительно большие колебания в урожайности пшеницы по годам. Именно в этой зоне в неблагоприятные годы урожайность зерна снижалась составляла всего 50 % от урожая пшеницы благоприятных лет. Далее они [1] пишут: «Статистическая обработка показала важное значение метеоусловий в накоплении влаги и значительно меньшее влияние предшественников и других факторов».

А. И. Южаков проводит учет погоды в моделях эффективности удобрений. Он строит закономерности действия удобрений в зависимости от погодных и почвенных параметров. Считает, что для экстраполяции результатов опыта необходимо проводить подбор лет особенно в долговременных опытах с удобрениями. Так как возникает неадекватность модели действительности [2].

В. Г. Мордюкович приводит данные о многолетних амплитудах крайних значений годовых сумм осадков и показатели нестабильности условий (ПНУ) в очень сухой степи: максимум – 368; минимум – 104; среднее – 218; амплитуда – 264; ПНУ – 1,21. Наибольшую амплитуду крайних температур имеют на среднекаштановых почвах очень сухой степи в сравнении с ландшафтами соседних зон [3].

Такие погодные условия вызывают вариабельность урожаев и на более плодородных почвах региона: «Остальные 66–47 % варьирования урожаев объясняются, по-видимому, как разной влагообеспеченностью в более ранние и более поздние фазы развития, так и другими неучтенными факторами» [4].

А. Ф. Рычагова пишет: «За годы исследования погодные условия были самые различные. Такие годы, как 1967, 1972, 1976 – влажные; 1969, 1974, 1975, 1977 – засушливые; 1968, 1970, 1971, 1973 – средние по увлажнению» [5]. Тут мы наблюдаем, отсутствие закономерности чередования погодных условий.

Многолетнее сельскохозяйственное использование пашни приводит к уменьшению запасов питательных веществ, гумуса, ухудшает структуру почвы. Эти показатели на среднекаштановых почвах требуют дополнительных исследований, так как в этом регионе большая вероятность (до 50 % лет) засушливых условий. Что ведет к созданию урожаев ниже 8 ц/га. Также вероятны почвенно-климатические условия для создания урожая более 12 ц/га. Поэтому необходимо выбрать почвенные

и климатические критерии для совершенствования оценок состояния полей, которые позволят найти подходы к прогнозу вероятных урожаев культур в предпосевной период.

Традиционный метод систематизации количества дней и осадков, выпадающих в течение лета за период 1986–2006 гг. (по данным МС Аркалык) и данные урожайности зерновых с 1962 по 2013 гг. Аркалыкской сельскохозяйственной опытной станции (АСХОС) не позволяют установить четких закономерностей и улучшить прогноз урожайности. Вариабельность урожайности за 52 года была от 1,3–2,9 до 16,8–22,8 ц/га.

На АСХОС разброс урожайности позволяет выделять годы с низкими (3–5 ц), ниже средних (5–8 ц), средних (8–12 ц), повышенных (12–16 ц) и высоких (16–22 ц) урожаев зерновых культур за период 1962–2013 гг. Если выделять годы с очень низкими до 3 ц/га то, за 52 года их было 5 раз (в пределах от 1,3 до 2,9 ц) и низкими 3–5 ц - их было 7 раз (в пределах от 3,1 до 4,4 ц). То есть, очень низкие и низкие урожайные годы составляли 12 раз или 23,1 % (9,6 % + 13,5 %).

За этот период урожаи ниже средних составляли 11 раз (от 5,5 до 7,8 ц), что равно 21,2 %. Годы с урожаем категории средних составляли 15 раз (от 8,1 до 11,5 ц) – 28,8 %. По данным опытной станции годы с повышенным урожаем были 9 раз (от 12,1 до 15,4 ц), что равно 17,3 %. Высокие урожаи в хозяйстве имели место 5 раз (в пределах от 16,8 до 22,8 ц), что равно 9,6 %.

Если определить вынос основных элементов питания продукцией в связи с вариабельностью урожаев за годы использования, то такие урожаи яровой пшеницы, примерно, выносят питательные элементы на 1 т зерна вместе с соломой в следующем количестве: 38 кг N, 12 – P₂O₅, 25 – K₂O. То есть, наименьший вынос с урожаем 1,3 ц составляет 1,56 кг фосфора, а наибольший вынос с 22,4 ц – 56 кг. Рядковое внесение фосфорного удобрения в дозе 10 кг д.в. покрывает вынос с урожаем 8 ц/га. Это подходит только для восполнения запасов фосфора на каштановом подтипе.

Мы провели учет надземной фитомассы растений метрочками на полях, которые временно не используются в хозяйстве АСХОС. Учет показал, что в 2018 г. было синтезировано от 14 до 25 ц/га воздушно-сухой массы растительности, т. е. на фоне очень низких и низких урожаев с материальными затратами, это естественная функция почвы и растительности кажется более выгодной – рациональной.

Отсутствие надежных закономерностей в прогнозе урожайности культур вынуждает нас идти на поиски новых методов оценки функционирования среднекаштановых почв очень сухих степей.

Мы провели анализ температуры верхних слоев почвы в подзоне очень сухих степей (МС Аркалык) в летний период. Минимальное значение температуры почвы за период 1986–2006 гг. выглядит следующим образом: среднее значение в день за июнь месяц – 10,4 °С, за июль – 12,2 и август – 10,2 °С. Если выделить наибольшую величину данного значения, то в июне было 24 °С, в июле – 22, в августе – 24 °С. А если выделить наименьшую величину минимального значения температуры почвы, то в июне было (-3)°С, в июле – 1, в августе – (-1)°С. Большой разброс температурных данных по месяцам в разные годы усложняет анализ прогревания и остывания почвы. Высокая вариабельность урожайности культур может зависеть от температуры почвы, потому что связаны с биологической активностью почвы. Эта зависимость – иссушение почвы, процесс нитрификации.

Рассмотрим режим выпадения атмосферных осадков в подзоне очень сухих степей (МС Аркалык) в летний период за ряд лет на основе статистических данных Казгидромет. Мы провели анализ выпадения летних осадков по данным метеостанции за период 1986–2006 гг. За этот период летом дней с осадками было 502. В среднем это составляет 23,9 дня за 21 год. Максимально дней с осадками летом было в 1992 и 1993 гг. – 42 дня с суммой осадков – 117,88 и 143,26 мм соответственно. Минимально дней с осадками летом было в 1997 г. – 7 суток, с суммой осадков 7,31 мм. Минимальное количество летних осадков выпадало (кроме рекордного 1997 г.) в 1991 г. – 19,79 мм в сумме за 13 суток, то есть около 1,52 мм в сутки; и в 1989 г. – 31,12 мм в сумме за 19 суток, это около 1,64 мм в сутки. В 1998 г. примерно выпало такое же количество осадков, что и в 1989 г., т.е. – 31,79 мм в сумме за 17 дней.

Имеющиеся данные по этим территориям требуют более тщательного их анализа для возможной систематизации вероятности засух по почвенным признакам. Потому что они имеют отклонения разной степени от прогноза возможных урожаев культур.

Искажение вызывают как частота изменчивости выпадения разного количества осадков за декаду, месяц, сезон, так и величины выпадающих осадков за эти периоды. Даже величины среднегодовых осадков имеют большую вариабельность по годам. Анализ максимального количества атмосферных осадков за 1 сутки, которые превышали 20 мм, показал, что их можно выделить по месяцам. Такие осадки по месяцам, за изучаемые 21 год, выпали в июньские месяцы всего один раз, в июльские – 3, а в августовские – 7 раз. При этом наибольшее количество (51,6 мм) выпало в июле (2003 г.).

«Разовые» атмосферные осадки, выпадающие подряд за несколько дней находились в пределах от 3 до 13 дней. Сумма таких осадков может превышать или быть равной 20 мм. Они распределились по

месяцам следующим образом: в июньских – 6 раз, в июльских – 4 и в августовских – 10 раз. В августовские месяцы вероятность выпадения «разовых» осадков 42,86 %. Величина разовых осадков достигало максимально в июньские месяцы 65,81 мм, в июльские – 82,0 и августовские – 57,4 мм. Эти осадки являются существенными для окружающей природной среды.

Следует отметить, что 4 года подряд (1988–1991 гг.) отсутствовали разовые осадки за лето. Наибольшее количество максимально разовых осадков за 1 сутки и более (частота) за лето было от 1 до 5 раз, кроме 1986, 1988–1991 и 5 других лет. То есть из 21 года 10 лет были без «разовых» осадков. Очень важно связать такой анализ погодных условий с устойчивостью урожайных данных изучаемой местности.

Годы с низкими урожаями зерновых культур вынуждают искать причины этого. Важно учитывать объем ливневых осадков и сумму осадков, которые выпадают в существенных количествах несколько дней подряд. Подобный подход в изучении осадков этой подзоны имеет определенное значение, так как происходит существенное накопление влаги. Сложность установления этих взаимосвязей усиливается отсутствием ритмичности погоды по годам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малюга Н. Г., Тарасенко Н. Д. Влияние условий выращивания и удобрений на величину урожая и качество зерна озимой пшеницы на Северном Кавказе / Эффективность удобрений при различных погодных и климатических условиях. – Труды ВИУА. – М., 1985. – С. 71–79.
2. Южаков, А. И. Учет погоды в моделях эффективности удобрений / Эффективность удобрений при различных погодных и климатических условиях. – Труды ВИУА. – М., 1985. – С. 89–92.
3. Мордюкович, В. Г. Степные экосистемы. – Новосибирск: Наука, 1982. – 206 с.
4. Щербакова Н. И., Громыко О.И., Малахова В.М. О связи урожая яровой пшеницы и эффективности минеральных удобрений с погодными условиями // Агрохимия. – 1978. – № 4. – С. 94–99.
5. Рычагова, А. Ф. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество яровой пшеницы в зернопаровом севообороте на южных черноземах Кустанайской области. Автореферат диссертации на соискание уч. степени к.с.-х.н. – Омск, 1980. – 16 с.

УДК [633.174:631.445.41] :581.13(477.5)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ ГИБРИДОВ СОРГО ЗЕРНОВОГО НА ЧЕРНОЗЕМАХ ТИПИЧНЫХ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

А. Н. СВИРИДОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
Л. А. СВИРИДОВА, А. В. ГЕПЕНКО, канд. с.-х. наук,
Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,
г. Харьков, Украина

Анализ агроклиматических условий последних 30 лет свидетельствует, что в связи с потеплением климата большая часть территории Лесостепи Украины находится в зоне рискованного земледелия. Это способствовало снижению урожайности ячменя ярового, кукурузы, подсолнечника. В таких условиях необходим поиск новых нетрадиционных культур, которые бы были высокорентабельными, давали стабильно высокие урожаи и не нарушали севообороты. Одной из таких альтернативных культур может быть сорго, которое используют для получения зерна, сахара, силоса [1–3].

В засушливых регионах сорго характеризуется как высокопродуктивная и универсальная культура. По засухоустойчивости и солеустойчивости сорго занимает первое место среди сельскохозяйственных культур в мире. Не зря его называют «верблюдом» растительного мира [4].

Долгосрочный прогноз на ближайшее двадцатилетие предвидит наличие неблагоприятных очень засушливых лет с высокими среднесуточными температурами во время вегетационного периода. Рост температуры стал основанием для разработки перспективного плана посева сельскохозяйственных культур в Украине, в соответствии с которым до 2020 г. планируется расширить площади посева сорго зернового до 400 тыс. га [5].

Технология выращивания современных гибридов сорго зарубежной селекции в разных почвенно-климатических условиях изучена недостаточно.

Для раскрытия биологического потенциала современных высокопродуктивных гибридов сорго необходимо применять комплекс агроприёмов, в т. ч. внесение минеральных, органических и микроудобрений, использование биопрепаратов [6].

На создание единицы зерна сорго экономно расходует питательные вещества – 75 % азота, 60 % фосфора и 90 % калия от того количества, которое необходимо для кукурузы. На образование 1 т зерна сорго выносит из почвы 25–40 кг азота, 6–10 кг P_2O_5 , 18–26 кг K_2O . Количество элементов питания небольшое, однако для формирования высокого урожая суммарное потребление этих элементов достаточно высокое [7].

Цель исследований заключалась в оптимизации азотного питания растений сорго зернового и разработке системы удобрения для этой культуры на черноземах типичных Лесостепи Украины.

Объект исследований – динамика накопления подвижных форм азота в черноземах типичных Левобережной Лесостепи, процесс накопления общего азота в растениях и зерне сорго при разных способах внесения азота.

В связи с этим на протяжении 2017–2018 гг. на опытном поле Харьковского национального аграрного университета им. В. В. Докучаева были проведены полевые опыты по изучению эффективности азотных подкормок в различных формах удобрений. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь участка 20 м². Схема опыта включала проведение азотных подкормок на фоне фосфорно-калийных удобрений, внесенных в предпосевную культивацию. Предшественником сорго зернового была пшеница озимая.

Почвенный покров опытного участка представлен черноземом типичным среднегумусным тяжелоуглинистым на лёссовых породах. В слое почвы 0–20 см содержится до 4,95 % гумуса, pH 7,1. Эти почвы хорошо обеспечены валовыми и подвижными формами азота, фосфора и калия.

Урожайные данные были статистически обработаны дисперсионным методом [8].

Предварительными исследованиями установлено, что наиболее продуктивными гибридами сорго американской селекции для условий Лесостепи Украины оказались раннеспелые зерновые гибриды Зуни и Юки. В среднем за годы исследования урожайность зерна гибрида Зуни находилась на уровне 5,8–7,3 т/га, а Юки – 7,5–8,1 т/га. Вегетационный период этих гибридов составлял 116–124 дня. В конце сентября заканчивался процесс формирования зерновки, а влажность зерна позволяла проводить уборку прямым комбайнированием.

Как известно, в первые фазы развития растения сорго потребляют незначительное количество азота [9]. По нашим наблюдениям, до фазы появления пятого листа используется 15–18 % от общего азота. Наибольшие потребности в азоте (60–65 %) приходятся на период от появления седьмого листа до цветения. В дальнейшем до созревания необходимость в азоте снижается и составляет 17–25 %. С учетом этих требований для интенсивных гибридов сорго зернового была разработана схема полевого опыта и проведены исследования по изучению азотных подкормок аммиачной селитрой и комплексным гранулированным удобрением вместе с микроэлементами ДюраСОП испанской компании TERVALIS. В его составе преобладает азот в хелатной форме, также имеются фосфор и калий, ряд микроэлементов (магний, марганец, цинк, бор) в хелатной форме, что позволяет использовать их на протяжении всей вегетации растений.

В ходе исследований было изучено влияния этих удобрений на динамику нитратного и щелочно-гидролизующего азота в верхних слоях почвы (табл. 1).

Таблица 1. Влияние новых форм комплексных удобрений на динамику нитратного и щелочногидролизующего азота (мг/100 г) в почве, среднее за 2017–2018 гг.

Варианты опыта	Слой почвы, см	Нитратный азот			Щелочногидролизующий азот		
		выход в трубку	выбрасывание метелки	цветение	выход в трубку	выбрасывание метелки	цветение
Без удобрений	0–20	6,8	7,2	6,2	11,1	9,6	6,8
	20–40	5,1	5,5	4,8	10,7	8,3	6,6
$P_{10}K_{20}$ в предпосевную культивацию (фон)	0–20	6,7	7,0	6,5	10,8	9,2	6,9
	20–40	5,2	5,2	4,9	10,5	8,4	6,5
Фон + N_{40} аммиачной селитры в подкормку в фазе 5–7 листьев	0–20	7,2	7,4	7,4	11,7	12,1	8,1
	20–40	5,1	5,5	5,6	11,4	11,6	7,5
ДюраСОП ($N_{40}P_{10}K_{20}$) в предпосевную культивацию	0–20	8,9	9,0	8,4	15,1	15,0	8,6
	20–40	7,7	7,9	7,3	13,4	13,2	7,2
ДюраСОП ($N_{40}P_{10}K_{20}$) в подкормку в фазе 5–7 листьев	0–20	10,9	11,0	9,2	15,8	15,4	8,8
	20–40	9,3	9,4	8,7	13,0	12,9	7,3
$HCPO_5$	2017	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4	0,3
	2018	0,6	0,5	0,2	0,7	0,5	0,4

Полученные данные свидетельствуют о том, что внесение аммиачной селитры в дозе N_{40} в подкормку улучшает азотный режим почвы в первые фазы развития растений сорго. В дальнейшем со-

держание как нитратного, так и щелочногидролизующего азота стабилизируется на уровне контроля и существенных изменений не отмечается. Применение нового комплексного удобрения ДюраСОП за счет хелатной формы азота способствует постепенному его освобождению, на более длительный период существенно улучшает азотный режим черноземов типичных. Значительных различий в накоплении нитратного и щелочногидролизующего азота в почве при разных способах внесения нового комплексного удобрения не наблюдалось.

Важным фактором получения высоких урожаев сорго зернового является формирование посевов с оптимальной площадью листьев и высокой продуктивностью фотосинтеза. На величину площади листовой поверхности сорго непосредственно влияет уровень минерального питания, оптимизация которого позволит улучшить фотосинтетическую деятельность растений сорго [10].

Согласно полученным нами данным по фазам развития сорго, нарастание площади листовой поверхности происходило постепенно. Наиболее активным этот процесс был при внесении азотных удобрений в подкормку.

Исследованиями установлено, что применение комплексного минерального удобрения ДюраСОП в подкормку положительно влияет на увеличение чистой продуктивности фотосинтеза на протяжении всего вегетационного периода (табл. 2).

Таблица 2. Чистая продуктивность фотосинтеза посевов сорго в зависимости от видов удобрений, г/м² (среднее за 2017–2018 гг.)

Варианты опыта	Кущение	Выход в трубку	Выбрасывание метелки
Без удобрений	4,35	4,87	4,32
P ₁₀ K ₂₀ в предпосевную культивацию (фон)	4,95	5,03	4,57
Фон + N ₄₀ аммиачной селитры в подкормку в фазе 5–7 листьев	5,04	5,20	5,24
ДюраСОП (N ₄₀ P ₁₀ K ₂₀) в предпосевную культивацию	5,57	5,71	5,04
ДюраСОП (N ₄₀ P ₁₀ K ₂₀) в подкормку в фазе 5–7 листьев	5,63	6,18	5,27

В зависимости от уровня азотного питания и стадии развития растений сорго показатели чистой продуктивности фотосинтеза изменялись от 4,32 до 6,18 г/м². Наиболее высокими они были получены при внесении нового комплексного удобрения с хелатной формой азота.

Выращивание максимальных экономически выгодных урожаев сорго зернового возможно лишь при оптимизации питания растений за счет правильного применения удобрений. При этом дозы, сроки и способы внесения удобрений должны обеспечить оптимальные условия доступности питательных веществ на протяжении всей вегетации сорго, особенно в критические периоды [11].

Таблица 3. Изменение урожайности зерна сорго в зависимости от применения новых форм азотных удобрений, т/га

Вариант опыта	Гибрид Зуни			Гибрид Юки		
	2016 г.	2017 г.	средняя	2016 г.	2017 г.	средняя
Без удобрений	5,7	4,5	5,1	7,1	6,6	6,9
P ₁₀ K ₂₀ в предпосевную культивацию (фон)	6,0	4,6	5,3	7,0	6,8	6,9
Фон + N ₄₀ аммиачной селитры в подкормку в фазе 5–7 листьев	6,3	5,1	5,7	7,7	7,2	7,5
ДюраСОП (N ₄₀ P ₁₀ K ₂₀) в предпосевную культивацию	6,8	5,2	6,0	8,2	7,5	7,9
ДюраСОП (N ₄₀ P ₁₀ K ₂₀) в подкормку в фазе 5–7 листьев	6,9	5,3	6,1	8,1	7,7	7,9
HCP ₀₅	0,23	0,18		0,19	0,14	

Полученные нами двухлетние данные урожайности (табл. 3) доказывают, что этим требованиям в наибольшей степени соответствует внесение комплексного гранулированного удобрения с микроэлементами, в котором все питательные элементы находятся в хелатной форме. При этом средняя урожайность гибрида Зуни составила 6,0–6,1 т/га, а гибрида Юки – 7,9 т/га. Сроки внесения этого удобрения (в предпосевную культивацию или подкормку в фазе 5–7 листьев сорго) существенно не изменяли урожайность зерна сорго.

Новые раннеспелые гибриды сорго зернового американской селекции в условиях Левобережной Лесостепи Украины способны формировать довольно высокий уровень продуктивности. При этом система удобрения должна включать внесение фосфорных и калийных удобрений – в предпосевную культивацию и азотных – в подкормку.

Наиболее эффективной оказалась подкормка комплексным гранулированным удобрением Дюра-СОП, где азот находится в хелатной форме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шекун, Г. М. Культура сорго в СССР и ее биологические особенности. 1993. № 5. С. 17–18.
2. Шорин, П. М., Николаевский В. Г. Фотосинтетическая деятельность посевов сорго в Северо-Осетинской АССР // Селекция, агротехника, экономика производства сорго: Сб. науч. тр. Зерноград, 1989. С. 19–28.
3. Алабушев А. В., Антипенко Л. Н. Эффективность производства сорго зернового. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2002. 192 с.
4. Вирощування зернового сорго в умовах України / О. М. Лапа, А. М. Свиридов, В. Я. Щербаков та ін. Київ: Глобус-Принт, 2008.
5. Оптимізація виробництва зерна сорго в Україні на період до 2020 р.: наук.-метод. рекомендації / розроб.: А. В. Черенков, Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черегль та ін. – Дніпропетровськ: ДУ Ін-ту сіл. госп.-ва Степової зони НААН України, 2013. 29 с.
6. Климович Б. В. Условия азотного питания растений сорго зернового в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений // Сб. науч. тр. Уман. ГАУ. 2006. С. 44–50.
7. Господаренко Г. М., Климович Б. В. Реакція сорго зернового на удобрення на чорноземі опідзоленому // Зб. наук. пр. Луган. НАУ. 2006. № 69(92). С. 20–25.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Свиридова Л. А. Динаміка формування біометричних показників сорго зернового // Вісн. ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання». 2018. № 1. С. 123–132.
10. Шепель Н. А. Сорго. Волгоград: Комитет по печати, 1994. 448 с.
11. Щербаков В. Я. Сорго. Київ: Наук. думка, 1983. 147 с.

УДК 633.63:631.8

ДИНАМИКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. П. СКОРОЧКИН, канд. с.-х. наук, заведующий отделом,
В. А. ВОРОНЦОВ, канд. с.-х. наук, ведущ. науч. сотрудник,
М. Р. МАКАРОВ, младш. науч. сотрудник,
Тамбовский НИИСХ - филиал ФГБНУ Федеральный научный центр,
им. И. В. Мичурина, г. Мичуринск, Россия

С переходом сельского хозяйства России на нерегулируемые государством рыночные отношения применение минеральных удобрений в Тамбовской области снизилось с 213,4 тыс. тонн в 1990 году (97,4 кг/га пашни) до 66,2 тыс. тонн (68 кг/га пашни) в 2012 году, а органических соответственно с 6524 тыс. тонн (3 т/га) до 232 тыс. тонн (0,2 т/га) в 2011 году [1].

В условиях рыночной экономики, когда в хозяйствах появляется постоянный дефицит денежных средств, большое значение имеет применение оптимальных доз удобрений, обеспечивающих не только повышение урожайности, но и снижение затрат труда при их использовании. При внесении удобрений надо учитывать, что на черноземных почвах с увеличением доз вносимых удобрений происходит более медленный рост урожайности, чем затраты на их использование.

Сравнительная оценка методов определения доз удобрений, проведенная Тамбовским НИИСХ, дает основание рекомендовать их расчеты по результатам полевых опытов, но с учетом содержания питательных веществ в почве. Содержание подвижных форм питательных веществ (фосфор, калий) устанавливается по данным почвенных обследований (картограмм). При определении доз удобрений за основу берутся дозы, установленные опытным путем (табл. 1) [2].

Таблица 1. Рекомендованные дозы минеральных удобрений

Культуры	Дозы удобрений (кг д.в. на 1 га)
Озимые (занятый пар)	N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀
Яровая пшеница, ячмень, овес, просо	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀
Горох	P ₆₀ K ₄₀
Сахарная свекла	N ₉₀ P ₁₂₀ K ₉₀
Подсолнечник	N ₆₀ P ₄₀
Кукуруза (на силос)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀

Эти дозы корректируются с учетом содержания питательных веществ в почве (табл. 2).

В сложившихся экономических условиях дальнейшее развитие земледелия области, да и всей России в целом, возможно осуществлять только при освоении в хозяйствах севооборотов, где широко используются биологические факторы восстановления почвенного плодородия за счёт увеличения

площадей под многолетними травами и применения менее затратных источников органических удобрений. Минеральные же удобрения следует вносить в первую очередь под те культуры, которые обеспечивают наибольшую окупаемость затрат на их использование. При определении доз минеральных удобрений необходимо учитывать обеспеченность почвы подвижными формами питательных веществ и степень окультуренности черноземов.

В течение последних лет в Тамбовской области наблюдается увеличение объемов применения минеральных удобрений. Если в 2003 году в области вносилось 12,6 тыс. тонн минеральных удобрений в действующем веществе (5,8 % от необходимого количества), то под урожай 2013 года было уже внесено 74,7 тыс. тонн д.в., что выше уровня десятилетней давности в 6 раз (рис.1).

Таблица 2. Дозы минеральных удобрений (кг/га д.в.) в зависимости от обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия по Чирикову (мг на 100 г почвы)

Культуры	N	P ₂ O ₅				K ₂ O			
		низкая 2–5 мг	средняя 5–10 мг	повышен- ная 10–15 мг	высокая 15–20 мг	низкая 2–4 мг	средняя 4–8 мг	повы- шенная 8–12 мг	высокая 12–18 мг
Озимые (занятый пар)	40	60	40	30	10	90	80	60	40
Яровая пшеница, ячмень, овес, просо	60	60	40	30	10	90	80	60	40
Сахарная свекла	90	150	120	90	60	135	120	90	60
Подсолнечник	30	90	60	40	30	–	–	–	–
Кукуруза (на силос)	60	90	60	40	30	120	90	60	40

За такой же промежуток времени динамика внесения органических удобрений определилась на очень низком уровне. Если в 2003 году в области вносилось 928 тыс. тонн органических удобрений (18,6% от необходимого количества), то под урожай 2013 года было внесено только 257,2 тыс. тонн органических удобрений, что меньше в 3,6 раза уровня 2003 года или более чем в 25 раз меньше, чем в 1990 году.

Отмеченное снижение наблюдается на фоне сокращения поголовья КРС в Тамбовской области. С 2003 года оно снизилось на 45,6 %. В то же время с 2011 года в связи с повышением поголовья свиней наблюдается некоторое повышение использования органических удобрений.

Динамика поступления основных макроэлементов (азота, фосфора, калия) в почву для формирования урожая, представленном на рис. 2, показывают, что в Тамбовской области складывается отрицательный баланс поступления этих элементов в почву, который лишь последние несколько лет имеет тенденцию к сокращению, связанную с некоторым увеличением применения минеральных удобрений, но еще очень далек от научно обоснованной потребности.

Под урожай 2013 года было внесено в почву 78,3 тыс. тонн питательных веществ (30 % от научно обоснованного количества), из которых 95 % питательных веществ было внесено с минеральными удобрениями.

Характеристика агрохимических мероприятий по Тамбовской области за последние годы представлена в табл. 3.

С 2010 года по всем показателям наблюдается положительная динамика. Показатели 2014 года приближены к научно обоснованным объемам применения удобрений, однако их фактические значения за ряд последних лет пока существенно ниже потребности.

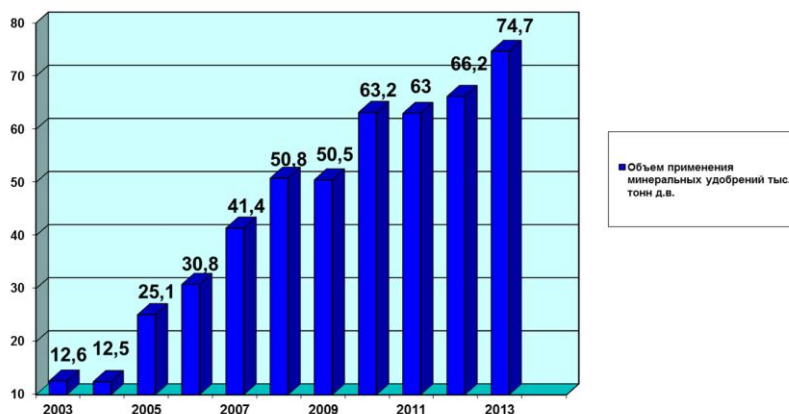


Рис. 1. Объем применения минеральных удобрений в Тамбовской области за 11 лет, тыс. тонн. д.в.

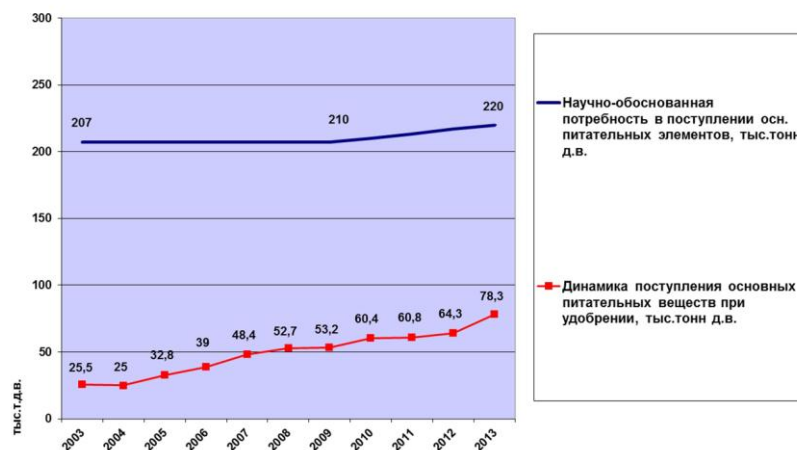


Рис. 2. Динамика поступления основных элементов питания в почвы Тамбовской области с органическими и минеральными удобрениями

Таблица 3. Объемы проведения агрохимических работ хозяйствами Тамбовской области за 2010–2014 годы.

Мероприятия	Фактические объемы проведения работ					Научно обоснованная потребность	Отношение 2014г. к научно обоснов. потребн., %
	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год		
Площадь пашни, на 1 января текущего года, тыс. га	2040	2064	2059	2037,5	2060	2060 ср.знач.	100
Посевная площадь, тыс. га	1427	1501	1475	1618	1625	1900	85,5
Проведение агрохимического обследования почвы, тыс. га	120	111	245	232	250	500	50,0
Внесение минерал. удобрений под урожай текущего года, тыс. тонн д.в.	63,2	63,0	66,2	74,7	91,3	216,3	42,2
Площадь, удобренная минерал. удобрениями, тыс. га	551,2	604,3	634,1	956,8	1100,0	1400,0	78,6
Органические удобрения животного происхождения (в перерасчете на навоз КРС), тыс. тонн	211,4	214,2	237,3	257,2	1300	5000	6,0
Площадь, удобренная органическими удобрениями, тыс. га	12,4	12,9	13,1	13,0	32,0	165,0	7,8

В среднем за 2013 год на гектар пашни в нашей области было внесено 120 кг органических и 36,1 кг д.в. минеральных удобрений, что ниже чем в Курской, Белгородской, Липецкой и Воронежской областях более чем в 17 раз (по органическим) и в 1,4–2 раза (по минеральным удобрениям).

Для того, чтобы баланс поступления питательных элементов был положительным необходимо внесение минеральных и органических удобрений не менее 100–120 кг д.в./га посевной площади. По Тамбовской области этот показатель 2013 году составил 70 кг д.в./га, что составляет лишь 58,3 % от необходимого количества [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Юмашев, Н. П. Приёмы повышения эффективности удобрений на чернозёмных почвах Центрально-чернозёмной зоны. / Реферат док. диссертации. – Москва 2011. – 38с.
2. Вислобокова, Л. Н., Скорочкин Ю. П. и др. / Книга: Система земледелия нового поколения Тамбовской области. - Тамбов. Изд-во Першина Р. В., 2016. – 439 с.
3. Вислобокова, Л. Н. Применение минеральных удобрений в современных экономических и экологических условиях // Сборник материалов научной конференции, посвящённой 80 - летию кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами в столетней истории Воронежского государственного университета. Под редакцией Д. И. Щеглова. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017. С. 477–482.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ПОЛИБАКТ СОВМЕСТНО С ГУМИНОВЫМИ ПРЕПАРАТАМИ В ПОСЕВАХ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

А. А. СНЕЖИНСКИЙ, аспирант,
РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика Беларусь

Лен-долгунец – единственная в Республики Беларусь (РБ) прядильная культура, которая как и большинство других полевых культур, предпочитает органические удобрения. Однако устойчивый дефицит последних требует постоянного поиска достойных источников удовлетворяющих потребности культур в элементах питания [1, 2]. При этом пополнение этих почв элементами предполагает не только благодаря внесению органических удобрений, но и запашки растительных остатков, применение симбиотических ассоциативных азотфиксаторов и других микробных биопрепаратов, в число которых входит и объект нашего внимания Полибакт.

Полибакт предназначен для восстановления микробоценоза почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Он стимулирует жизнедеятельность микроорганизмов основных экологотрофических групп, ускоряет процессы минерализации растительных остатков в почве. Характеризуется фитопротекторным, ростстимулирующим, деструктивным, фосфатмобилизующим и азотфиксирующим свойствами.

Как показали наши исследования, его внесение в почву повышает урожайность льноволокна и льносемян, по сравнению с контролем: общего, волокна на 5,6 % и длинного волокна на 4,3 %, а также семян на 7,5 %. В качестве контроля использовался вариант с инкрустацией семян, согласно регламенту [3]. Кроме того, в целях увеличения получения основной продукции льна-долгунца, посевы дополнительно обрабатывали препаратами, наименованными в табл. 1,2 в фазу елочки или в период быстрого роста.

Анализ величины урожайности как общего, так и длинного волокна (табл. 1) позволил установить, что дополнительная обработка по вегетирующим растениям по сравнению с внесением препарата Полибакт в почву, урожайность льноволокна увеличивается: прибавка общего волокна составляет от 0,9 до 1,3 ц/га или 4,7–6,7 %, урожайность длинного волокна также возрастает: 0,4 – 0,9 ц/га, или 2,7–6,2 %. Следовательно, совместное применение микробного препарата Полибакт в почву и дополнительная обработка посевов препаратами Экогум разных марок позволяет увеличивать урожайность и общего и длинного волокна (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность волокна при обработке льна-долгунца гуминовыми препаратами в фазу «елочка» на фоне микробиологического препарата Полибакт

Вариант	Урожайность					
	общего волокна			длинного волокна		
	ц/га	+/-		ц/га	+/-	
		ц/га	%		ц/га	%
Полибакт, 3л/га	19,3	–	–	14,6	–	–
Полибакт, 3 л/га + Экогум цинк – комплекс, 2,0 л/га	20,5	1,2	6,2	15,2	0,6	4,1
Полибакт 3 л/га + Экогум цинк, медь, бор – комплекс, 2,0 л/га	20,2	0,9	4,7	15,0	0,4	2,7
Полибакт 3 л/га + Экогум Био, 2 л/га	20,6	1,3	6,7	15,5	0,9	6,2

Однако устойчивый эффект по величине урожая как по общему, так и по длинному волокну наблюдается лишь в сочетании запашки микробиологического препарата Полибакт в количестве 3 л/га с обработкой препаратом Экогум био (2 л/га). По нашему мнению, этот вариант представляет интерес для его использования в производственных условиях.

Таблица 2. Влияние сроков обработки льна-долгунца гуминовыми препаратами на урожай волокна

Вариант	Урожайность, ц/га					
	общего волокна			длинного волокна		
	срок обработки		+/-, %	срок обработки		+/-, %
	фаза «елочка»	период быстрого роста		фаза «елочка»	период быстрого роста	
Полибакт 3 л/га + Экогум цинк – комплекс – 2,0 л/га	20,5	20,7	1,0	15,2	15,6	2,6
Полибакт 3 л/га + Экогум цинк, медь, бор – комплекс – 2,0 л/га	20,2	21,3	5,4	15,0	15,5	3,3
Полибакт 3 л/га + Экогум Био. 2 л/га	20,6	21,1	2,4	15,5	16,0	3,2

Наряду с проведением обработок по вегетирующим растениям льна-долгунца в фазу «елочка», его рекомендуют проводить и в период быстрого роста, когда формируются и волокно, и семена [4]. Изучение величины урожайности в период быстрого роста по сравнению с фазой «елочка» на фоне применения препарат Полибакт показал, что при проведении этого приема существенное дополнительное увеличение общего волокна наблюдается лишь в одном варианте: Полибакт (3 л/га) + Экогум цинк, медь, бор, комплекс (2л/га), которое составляет 1,1ц/га, или 5,4 %. (табл. 2).

Это указывает на возможность повышения эффективности обработки вегетирующих растений при ее смещении с фазы «елочка» на период быстрого роста, особенно по выходу общего волокна.

У льна-долгунца очень важное значение имеет также и увеличение урожайности семян, поскольку без семян возделывание любой культуры невозможно, особенно если речь идет о возделывании новейших сортов отечественной селекции, в число которых входит и сорт Грант, который районирован по Республики Беларусь с 2014 года.

Использования Полибакта в дозе 3 л/га повышает урожайность семян дополнительно на 0,6 ц/га или 7,5 % по сравнению с контролем, на котором этот препарат не вносился. Однако эффективность обработки посевов в фазу «елочка» в целях повышения урожайности семян не высока и составляет всего 0,2–0,5 ц/га или 2,3–5,8 %. Из трех вариантов, так же как и при формировании волокна, заслуживает внимания вариант, когда внесение Полибакта сочетается с обработкой посевов льна-долгунца Экогум Био. Этот прием значительно увеличивает урожайность семян при обработке в фазу «елочка», которая составляет 0,5 ц/га (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность семян при обработке льна-долгунца гуминовыми препаратами в фазу «елочка» на фоне микробиологического препарата Полибакт

Варианты обработки	Урожайность льносемян при обработке					
	фаза «елочка»			период быстрого роста		
	ц/га	+/-		ц/га	+/-	
		ц/га	%		ц/га	%
Полибакт 3 л/га	8,6	–	–	–	–	–
Полибакт 3 л/га + Экогум цинк – комплекс – 2,0 л/га	8,8	+0,2	2,3	8,9	+0,1	1,1
Полибакт 3 л/га+ Экогум цинк, медь, бор – комплекс – 2,0 л/га	9,0	+0,4	4,6	9,2	0,2	2,2
Полибакт 3 л/га + Экогум Био. (2 л/га)	9,1	+0,5	5,8	9,3	+0,2	2,2

Смещение обработок Экогумом разных марок на период быстрого роста не обеспечивает существенных прибавок по формированию семян при сравнении с фазой «елочка».

Внесение микробиологического препарата Полибакт в дозе 3 л/га в почву целесообразно использовать как самостоятельный технологический прием, так и в сочетании с обработкой вегетирующих растений гуминовым препаратом Экогум разных марок. Это повышает урожайность общего волокна на 0,9–1,3 ц/га, (4,7–6,7 %), длинного волокна на 0,4–0,9 ц/га, (2,7–6,2 %).

Наиболее значимую прибавку урожайности семян, общего и длинного волокна обеспечивает сочетание внесения в почву микробиологического препарата Полибакт (3 л/га) и Экогум Био (2 л/га), 0,5; 1,3; 0,9; ц/га соответственно.

Обработка льна-долгунца гуминовыми препаратами в период быстрого роста не обеспечивает существенных прибавок урожая льнопродукции по сравнению с обработкой в фазу «елочка».

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонович, И. А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ / И. А. Тихонович, А. А. Завалин // Плодородие. – 2016. – 25 – С. 28 – 32.
2. Биологически активные гуминовые препараты и различные аспекты их физиологического действия / Т. В. Наумова [и др.] // Природопользование. – 1996. – С. 99 – 103.
3. Отраслевой регламент. Возделывания льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. Г. Гусаков, [и др.]. // утвержден Минсельхозпрод РБ. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.
4. Особенности возделывания и первичной переработки льна-долгунца / И. А. Голуб [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. Матер. / РУП НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – 3 изд. Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – С. 641–665.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И ГУМАТА КАЛИЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Н. Г. СОБКО, канд. с.-х. наук, доцент,
С. И. МЕДВЕДЬ, ведущий агроном,
Институт сельского хозяйства Северо-Восточной Лесостепи НААНУ,
с. Сад, Сумской район, Украина,
Э. А. ЗАХАРЧЕНКО, канд. с.-х. наук, доцент,
Сумской национальный аграрный университет,
г. Сумы, Украина

Вопросы рационального применения удобрений, которые обеспечивают воспроизводство плодородия почвы и плановую урожайность выращиваемых культур, приобретают все большее значение на фоне ухудшения общеэкономической ситуации в Украине. Большое внимание уделяется в данное время увеличению урожайности созданием новых высокопродуктивных гибридов сельскохозяйственных культур, после которых остается значительное количество побочной продукции, то есть, соломы, стеблей и т. д. При использовании растительных остатков в качестве удобрения, почва будет пополняться макро- и микроэлементами, образующиеся другие вещества будут включены в биологический кругооборот и образование гумуса [1, 2]. Значительная часть внесенных минеральных и органических удобрений может вымываться из почвы, закрепляться в кристаллических решетках минералов, в ППК. Для решения проблемы доступности элементов питания последние десятилетия используют активные формы гуминовых кислот – гуматы калия. Имея большое количество разных функциональных групп, гуматы способны присоединять и удерживать в себе питательные вещества, которые находятся в почве, таким образом создавая высокопрочные хелатные соединения. Удерживаемые гуматами питательные вещества не связываются почвенными минералами и не вымываются водой, находясь в доступном состоянии для растений. Эти комплексные соединения растворимы в воде и полностью усваиваются. Именно благодаря данным функциям возможно сокращение объемов внесения минеральных и органических удобрений. В баковой смеси с удобрениями гуматы калия помогают улучшить минеральное питание растений и сэкономить средства, что происходит за счет повышения усвояемости.

Литературные данные проведенных исследований говорят про позитивные результаты эффекта заделки соломы и внесения гумата с аммиачной селитрой, именно гумат стимулирует разложение органического вещества соломы [3, 4]. Сейчас на рынке удобрений выпускаются разные гуминовые препараты, которые отличаются между собой содержанием действующего вещества. Зарегистрировано множество разных удобрений на основе гуминовых кислот, наиболее распространенными есть гуматы калия, натрия, аммония, флорагумин, гумисол, гумифилд, лигногумин и др.

Про эффективность соломы при заделывании ее в почву в литературе достаточно много материала [5–11]. Много стран используют солому в качестве удобрения в значительно больших количествах, чем страны СНГ.

Эффективность азотных удобрений при выращивании пшеницы озимой доказана, но исследования продолжаются по изучению сроков их внесения, доз, форм, в целом в системе удобрения культуры разных сортов. Тем не менее существуют неоднозначные сообщения по поводу компенсационной дозы минерального азота, способов и глубины заделки, количества внесенной соломы, влияния типа почвы и климатических условий на время разложения соломы. В тоже время в многочисленных источниках говорится в основном про использование соломы зерновых колосовых культур [12–18]. И только в некоторых публикациях приводится сравнительная характеристика разной побочной продукции в качестве применения как удобрения под озимую пшеницу, используя растительных остатков сои, в принципе идет оценка влияние предшественника [13, 14].

Данное направления исследований является актуальным, так как урожайность культур повышается, климат меняется, количество побочной продукции растет в интенсивных технологиях и соответственно нужно проводить полевые эксперименты с разным сочетанием удобрений.

Целью нашей работы было оценить влияние удобрений на продуктивность озимой пшеницы и экономическую эффективность ее выращивания.

Исследования проведены на протяжении 2012–2017 гг. в условиях Института сельского хозяйства Северо-востока НААНУ, экспериментальные поля которого находятся в с. Сад Сумского района Сумской области Украины Севооборот четырехпольный, чередование культур следующее: соя – озимая пшеница-кукуруза на зерно-ячмень Схема опыта имела 5 вариантов:

1. Без удобрений (контроль).

2. Компенсационный азот на количество органических остатков сои – N_{30} .
3. Компенсационный азот $N_{30} +$ гумат калия 0,5 л/га в подкормку.
4. Компенсационный азот $N_{30} + N_{65}$.
5. Компенсационный азот $N_{30} +$ гумат калия (0,5 л/га) + N_{65} .

Органические остатки – это остатки предшественника, сои. Компенсационный азот рассчитывался из расчета 30 кг азота в действующем веществе (3 т пожнивных остатков сои) и использовалась аммиачная селитра по соломе N_{30} и в подкормку в фазу кущения N_{35} , КАС в дозе N_{30} в фазе выхода в трубку. Гумат калия вносился вместе с дерозалом в 3 варианте, в 5 варианте вместе с дерозалом и карбамидом в баковой смеси. Фосфорные и калийные удобрения непосредственно под озимую пшеницу не вносили, они были внесены в запас под кукурузу. Способ закладки опытов систематический, кратность повторений – 3, посевная площадь – 100 м², учетная – 50 м². Почва на опытном участке – чернозем типичный крупнопылевато-среднесуглинистый на лессовидных суглинках. В слое 0–20 см содержание гумуса по Тюрину 4,7 %, емкость поглощения 34,06 мг-экв/100 г почвы, гидролитическая кислотность по Каппену 3,7 мг-экв/100 г почвы, pH 6,5, содержание щелочногидролизующего азота по Корнфилдсу 11,2, подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову 11,8 и 10,0 мг/100 г почвы.

Урожайность анализировали методом пробных снопов с поправкой на 14 % влажность и 100 % чистоту зерна пшеницы. В опыте использован сорт пшеницы озимой Розкишна, оригинатором которого является Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева. Основные элементы выращивания – общепринятые для зоны северо-восточной Лесостепи Украины. Результаты исследований обрабатывались статистически с использованием программы Agrostat.

В табл. 1 приведены данные по определению на 1 м² общего количества растений. Известно, что максимальной продуктивности пшеницы достигают при количестве растений на время уборки урожая 300–400 шт./м² с 500–600 продуктивными стеблями с хорошо сформированными колосьями. Наибольшее количество растений получено на варианте 2, из них продуктивных стеблей насчитывалось 530 шт./м². На других вариантах удобрения с гуматом и азотными удобрениями установлено увеличение как непродуктивных, так и продуктивных стеблей до 580–574 шт./м². Наименьшее количество получено на варианте без удобрений.

Таблица 1. Количество растений, их составляющие и коэффициент кущения в среднем за 2012–2017 гг.

Варианты опыта	Количество, шт./м ²		
	растений	непродуктивных стеблей	продуктивных стеблей
1. Без удобрений (контроль)	264	536	508
2. Компенсационная доза азоту N_{30}	292	576	530
3. Компенсационный азот $N_{30} +$ гумат калия 0,5 л/га в подкормку	272	606	580
4. Компенсационный азот $N_{30} + N_{65}$	282	596	574
5. Компенсационный азот $N_{30} +$ гумат калия (0,5 л/га) + N_{65}	286	640	574

Согласно программе исследований, также была определена масса соломы и в целом снопа, отобранного с 1 м² (табл. 2). Наибольшее количество соломы получили на варианте с внесением гумата 521,5 г, немногим меньше при совместном внесении его с азотными удобрениями – 497,5 г.

Установлено, что масса всего снопа с квадратного метра зависела от удобрения. Так, прибавку на 2-м варианте получили в 123,5 г, на 3–152,5, на 4–224, на 5–180 г. Сравнивая результаты на последних двух вариантах, следует отметить увеличение в последнем массы соломы и небольшое уменьшение массы снопа по сравнению с другими вариантами.

Таблица 2. Биологическая масса соломы и снопа с 1 м² длина колоса и высота растений (в среднем за 2012–2017 гг.)

Варианты опыта	Масса соломы, г	Масса снопа, г	Длина колоса, см	Высота растений, см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с одного колоса, г
1. Без удобрений (контроль)	449,5	1148	6,6	68,8	28,6	1,44
2. Компенсационная доза азота N_{30}	481,5	1280	6,6	68,9	25,0	1,34
3. Компенсационный азот $N_{30} +$ гумат калия 0,5 л/га в подкормку	539	1346	7,1	69,8	29,3	1,45
4. Компенсационный азот $N_{30} + N_{65}$	473	1426	7,4	73	37,2	1,62
5. Компенсационный азот $N_{30} +$ гумат калия (0,5 л/га) + N_{65}	510	1472	7,1	74,4	36,0	1,56

При определении длины колоса на результат повлияло внесение гумата калия, внесение аммиачной селитры в фазу кущения и КАС вместе с гуматом калия в таких вариантах как 3,4 и 5. Из резуль-

татов измерений видим, что наибольшую высоту имели растения на 4 варианте – 7,4 см в среднем за годы исследований. На 1 и 2 вариантах разницы между показателями не получено.

В наших исследованиях высота растений в среднем за годы исследований была в границах 68,8–74,4 см. Установлено, что как и при измерении длины колоса, на первых двух вариантах существенная разница отсутствует (68,8 и 68,9 см на 1 и 2 вариантах). Внесение удобрений в других вариантах повлияло на высоту растений, в последних двух вариантах получены наивысшие показатели.

Общеизвестно, что подкормка азотными удобрениями, которая проводится до окончания формирования колосковых чешуек, может приводить к их увеличению. Более поздние подкормки уже не влияют на размеры чешуек и длину зерна, но влияют на рост зерен до полного заполнения пространства между цветочными чешуйками.

Как видим из табл. 2, количество зерен по вариантам опыта находится в границах 25,0–37,2 шт. Наименьший показатель получен на 2 варианте – 25 шт. Наибольшее количество получено на вариантах 4 и 5, то есть именно от внесения N_{65} увеличилось количество зерна, на 4 варианте – на 8,6 шт., на 5 варианте – на 7,4 шт. Тут следует отметить, что показатели зависят от погодных условий. Так, в 2012 году было уменьшение результатов на 2 варианте по сравнению с контролем, далее такой картины не наблюдалось.

Масса зерна с одного колоса находилась в рамках 1,34–1,62 г, имеем такую же тенденцию, как и при определении количества зерна с одного колоса. Максимальное количество зерна получено на максимально удобренных вариантах, 1,62 г на 4 варианте и 1,56 г на 5-м.

В табл. 3 приведена урожайность в среднем за 2012–2017 годы.

Таблица 3. Урожайность пшеницы озимой (среднее за 2012–2017 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	± к контролю
1. Без удобрений (контроль)	41,6	К
2. Компенсационная доза азоту N_{30} .	46,4	+4,8
3. Компенсационный азот N_{30} + гумат калия 0,5 л/га в подкормку	53,7	+12,1
4. Компенсационный азот N_{30} + N_{65} .	61,4	+19,8
Компенсационный азот N_{30} + гумат калия (0,5 л/га) + N_{65}	58,5	+16,9
$ННР_{05}A$ и В	15,2	
$ННР_{05}A$ (удобрение)	10,7	
$ННР_{05}B$ (года)	6,8	

Как видно по результатам, урожайность в среднем за 5 лет находилась на уровне 41,6–61,4 ц/га. Учитывая полученные статистические расчеты, получаем, что именно удобрение больше влияло на уровень урожайности, чем влияние погодных условий, доля влияния первого фактора А (удобрение) было 60 %, второго – В (годы исследований) – 14 %, взаимодействия факторов А и В – 26 %. Внесение азотных удобрений отдельно и совместно с гуматом калия существенно повышало урожайность относительно контроля, но влияние климатических условий в годы исследования несколько нивелировал это влияние.

В итоге при расчете экономического эффекта использования гуматов и азотных удобрений на фоне органических остатков сои установлено, что на 3 варианте уровень рентабельности получен в 304,88 %, что является наилучшим результатом. Наименьший уровень получен на варианте с внесением только компенсационного азота по органическим остаткам. Также и окупаемость затрат была наибольшая на 3 варианте, ведь при внесении азотных удобрений в подкормку также учитываются затраты на закупку удобрений, их транспортировку, внесение и т. д.

В целом, использование органо-минеральной системы удобрения приводит к увеличению уровня урожайности зерна озимой пшеницы, в третьем варианте внесение гумата калия дало наибольшую прибавку, но при дополнительном внесении азота в подкормку ожидаемого повышения урожайности не было получено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баткаева, О. Р. Продуктивность озимого тритикале в зависимости от приемов выращивания в Лесостепи Среднего Поволжья : автореферат на соискании уч. степени канд. с.-х. наук по спец. 06.01.09 Растениеводство / О. Р. Баткаева. – Пенза, 2009. – 19 с.
2. Еськин, В. Н. Влияние некорневой подкормки регуляторами роста и микроудобрениями на продуктивность тритикале / В. Н. Еськин, А. Н. Кшникаткина, А. В. Самойленко // Зерновое хозяйство. – 2007. – № 7. – С. 11–12.
3. Захарченко, Е. А., Ткаченко О. В. Ефективність застосування рокогуміну у позакореневе підживлення при вирощуванні ячменю ярого // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2017. – Вип. 9(34). – С. 41–47.
4. Жеребцов, С. И. Состав и биологическая активность гуматов бурого угля как стимуляторов роста сельскохозяйственных культур / С. И. Жеребцов, Н. В. Малышенко, С. Ю. Лырщиков и др. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – Вып. 5(105). – С. 102–105.

5. Глушенко, Л. Д. Традиционные и альтернативные системы удобрения и их влияние на воспроизведение плодородия грунтов и повышение производительности агроэкосистемы / Л. Д. Глушенко, Ю. Л. Дорошенко, В. Г. Савченко [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.agromage.com/stat_id.php?id=435.
6. Кисель, В. Й. Биологическое земледелие в Украине: проблемы и перспективы / В. Й. Кисель. – Харьков: Штрих, 2000. – 162 с.
7. Лиекнинс, Н. Органические удобрения - простое и выгодное решение / Н. Лиекнинс // Новини агротехніки. – 2009. – №2. – С. 26–29.
8. Мирошниченко, Н. Н. Влияние органической системы земледелия на биологические и агрохимические свойства почвы / Н. Н. Мирошниченко [и др.] // Плодородие почв и эффективное применение удобрений [Текст] = Soil fertility and efficient use of fertilizers : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию основания института (Минск, 5-8 июля, 2011 г.). – С. 261–263.
9. Носко, Б. С. Шляхи збереження чорноземів України // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 1. – С. 24–27.
10. Сайко, Н. Ф. Проблема забезпечення ґрунтів органічною речовиною / В. Ф. Сайко. // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 5. – С. 5–8.
11. Харченко, О. В. Обґрунтування доцільності використання соломи в якості органічного добрива в Сумській області / О. В. Харченко, В. Прасол, Е. А. Захарченко, Н. К. Сенченко // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2012. – Вип. 2(23). – С. 98–101.
12. Изучение доз и способов ранневесенней подкормки озимой пшеницы на черноземе обыкновенном / А. Ф. Донцов [и др.] // Агрохимический вестник : научно-практический журнал. – 2012. – № 6. – С. 22–24.
13. Лісовий, М. В. Застосування мінеральних добрив та відновлення родючості ґрунтів в умовах сучасного землеробства / М. В. Лісовий // Вісник аграрної науки. – 1998. – № 3. – С. 15–19.
14. Ненайденко, Г. Н. Использование удобрений при возделывании зерновых в нечерноземной зоне / Г. Н. Ненайденко, А. Л. Иванов. – М.: Колос, 1994. – 134 с.
15. Осипов Ю. Ф. Тактика весенней азотной подкормки озимой пшеницы после зим с неустойчивой температурой / Ю. Ф. Осипов, П. П. Васюков // Аграрная наука. – 2007. – №7. – С. 7–8.
16. Сандухадзе, Б. И. Экономическая эффективность возделывания сортов озимой пшеницы при разном уровне азотной подкормки/ Б. И. Сандухадзе, Е. В. Журавлева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – №4. – С. 30 – 33.
17. Шафран, С. А. О возможности прогнозирования эффективности азотной подкормки озимой пшеницы по агрохимическим свойствам почв и величине осадков / С. А. Шафран, В. А. Прошкин, Е. В. Шаброва // Агрохимия. – 2013. – № 11. – С. 26–37.
18. Цорн, В. Мал золотник, да дорог. Зерновые культуры: листовые подкормки микроэлементами / В. Цорн, Х. Шретер // Новое сельское хозяйство : журнал агроменеджера. – 2009. – №3. – С. 52–54.

УДК 633.18:631.811:631.53.04

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ СЕВА И ФОНА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ РИСА НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ

М. С. ТКАЧ, аспирант;
З. С. ВОРОНЮК, канд. с.-х. наук, старш. науч. сотр.,
Институт риса НААН,
г. Скадовск, Украина

Регионы, где сосредоточены посевы риса в Украине, в мировом масштабе относятся к зоне крайнего северного рисосеяния. В связи с этим продуктивность посевов риса в Украине в значительной степени ограничивается температурными условиями, в частности продолжительностью вегетационного периода и его теплообеспеченностью. Поэтому отбор оптимальных сроков сева риса с целью рационального использования периода времени, пригодного для выращивания культуры, является одним из рычагов, влияющих на уровень и стабильность ее урожая.

Исследования проводили в полевых условиях на рисовой оросительной системе Института риса НААН. Предшественник – рис, почвы опытного участка темно-каштановые, среднесуглинистые, солонцеватые в комплексе с солонцами луговостепными глубокими; среднего уровня плодородия.

Объектом наших исследований является процесс формирования урожая зерна новых сортов риса селекции Института риса – Лазурит и Консул (подвид *japonica*, круглозерные, ранне- и среднеспелый соответственно по продолжительности вегетационного периода), Маршал (подвид *indica*, длиннозерный, среднеспелый) в зависимости от доз минерального питания и сроков посева. Схема внесения удобрений включали следующие варианты – $N_{120}P_{30}, N_{180}P_{60}$; сроки посева I – 25–28 апреля, устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через 10–12 °C; II – через десять суток 5–8 мая; III срок – 15–18 мая.

По результатам проведенных полевых исследований в течение 2016–2018 гг. установлено, что значительное влияние на формирование уровня урожая зерна риса имели сроки посева (табл. 1). Доля влияния этого фактора на уровень урожая риса составляла от 37 % в 2018 году до 48 % в 2017 году, в то время, как доля влияния генотипа использованного сортового состава по годам исследований со-

ставляла всего 16–21 %, несмотря на то, сорта относятся к различным группам спелости, различаются по продолжительности вегетационного периода и имеют разный потенциал продуктивности.

Оптимальные сроки сева риса, по многолетним данным, наступают в период с 5 по 10 мая [1, 2, 3]. Но в наших опытах в большинстве случаев все сорта риса как на умеренном ($N_{120}P_{30}$), так и на повышенном фоне минерального питания ($N_{180}P_{60}$) наибольшую урожайность зерна формировали при раннем сроке сева – 25–28 апреля. Очевидно тенденции к изменению климата в сторону потепления вносят свои коррективы к основным элементам технологии выращивания культуры.

Исключение составляли отдельно взятые варианты в разные годы исследований. Так, рис сорта Консул в 2016 году на обоих фонах питания больший урожай зерна этот сорт формировал при посеве его в середине I декады мая. В 2018 году на умеренном фоне питания у риса сорта Маршал более высокий урожай зерна получили на варианте, высеянном 8 мая, посевы других сроков были менее продуктивными.

Таблица 1. Урожайность зерна риса в зависимости от сроков сева и фона минерального питания, т/га

Дозы минеральных удобрений(фактор В)	Срок сева (фактор С)	Годы исследований				Отклонение от оп- тимального срока
		2016	2017	2018	Среднее	
Лазурит (фактор А)						
N ₁₂₀ P ₃₀	I*	9,52	8,46	9,73	9,24	+ 1,41
	II	9,22	5,75	8,53	7,83	–
	III	8,42	6,89	8,09	7,80	- 0,03
N ₁₈₀ P ₆₀	I	10,32	9,11	9,45	9,63	+ 1,42
	II	9,59	6,98	8,06	8,21	–
	III	7,60	5,92	8,70	7,41	- 0,8
Консул						
N ₁₂₀ P ₃₀	I	9,10	8,16	11,14	9,47	+ 0,32
	II	10,38	6,94	10,14	9,15	–
	III	9,19	7,94	9,46	8,86	- 0,29
N ₁₈₀ P ₆₀	I	9,44	10,24	10,95	10,21	+ 0,65
	II	11,16	9,03	8,49	9,56	–
	III	9,07	6,97	10,63	8,89	- 0,67
Маршал						
N ₁₂₀ P ₃₀	I	10,35	10,79	9,61	10,25	+ 1,36
	II	10,28	6,40	10,0	8,89	–
	III	9,22	6,98	7,02	7,74	- 1,15
N ₁₈₀ P ₆₀	I	10,59	11,05	11,57	11,07	+ 2,23
	II	10,55	8,69	7,29	8,84	–
	III	9,20	8,74	8,06	8,67	-0,17
HCP ₀₅	A	0,29	0,35	0,26		
	B	0,24	0,29	0,21		
	C	0,29	0,35	0,26		
	ABC	0,71	0,86	0,64		

По усредненным данным, на ранних посевах у риса сорта Лазурит увеличение урожая зерна составило около 15 % на умеренной дозе минерального питания и 14,7–23,1 % при внесении высокой дозы по сравнению с посевами этого сорта в более поздние сроки (I–II декады мая). Рис сорта Консул на поздние сроки посева реагировал более индифферентно – на умеренном фоне удобрения снижение урожайности зерна составляло 3,4–6,4 %; на повышенном – 6,4–12,9 %. Самые негативные результаты получены у риса сорта Маршал – уменьшение урожая зерна на поздних сроках сева достигало 2,5 – 2,7 т/га или 24,0–24,5 % на обоих фонах питания.

Анализ эффективности использования элементов питания растениями риса из минеральных удобрений, внесенных в повышенных дозах ($N_{180}P_{60}$ по сравнению с $N_{120}P_{30}$), показал, что средняя окупаемость их урожаем зерна была выше на раннем сроке посева. Так, у риса сорта Лазурит на дополнительно внесенный 1 кг/га д.в. минеральных удобрений дополнительно было получено 4,3 кг зерна; у сорта Консул – 8,2 кг; у сорта Маршал – 9,1 кг.

Наиболее эффективным внесение высоких доз минеральных удобрений было в 2017 году, 1 кг д.в. дополнительно внесенных удобрений окупался 23,2–25,4 кг зерна у риса сортов Консул и Маршал, при посеве их в I декаде мая месяца.

Эффективность внесения высоких доз минеральных удобрений в 2018 году была низкой, что связано с неблагоприятными погодными условиями на начальных этапах вегетации культуры. В это время наблюдались значительные перепады дневных и ночных температур, минимальные среднесуточные значения последних на протяжении мая – начала июня часто снижались ниже биологического минимума, что вызывало стрессовые состояния растений, негативно влияло на процессы усвоения питательных элементов и приводило к состоянию физиологического голодания посевов.

Анализ модельных снопов показал, что средняя высота растений риса сорта Лазурит была несколько ниже, чем у двух других сортов (табл. 2). Более низкими растения всех сортов формировались при позднем сроке посева. Повышение дозы внесения минеральных удобрений способствовало увеличению габитуса растений на 2,5–9,3 см; особенно чувствительным был сорт Маршал: повышенный фон питания приводил к снижению стойкости растений к полеганию (полегаемость на вариантах с фоном питания N₁₈₀P₆₀ при раннем посеве составляла 9–12 %).

Таблица 2. Элементы структуры урожая сортов риса в зависимости от фона питания и срока сева, среднее 2016–2018 гг.

Дозы минеральных удобрений	Сроки сева	Висота растений, см	Коэффициент кущения	Количество зерен с метелки, шт.	Пустозерность, %	Масса 1000, г
Лазурит						
N ₁₂₀ P ₃₀	I	96,5	1,2	101	13,0	26,7
	II	90	1,4	95	9,7	26,5
	III	84	1,1	91	9,9	25,9
N ₁₈₀ P ₆₀	I	100	1,6	115	15,1	27,8
	II	91,5	1,7	113	11,0	28,0
	III	86,5	1,1	95	10,0	26,5
Консул						
N ₁₂₀ P ₃₀	I	93,5	1,5	111	16,1	26,6
	II	91,5	1,5	121	10,9	27,0
	III	88,5	1,1	113	19,7	26,1
N ₁₈₀ P ₆₀	I	96,5	1,7	141	7,5	27,0
	II	95,5	1,6	136	15,3	28,1
	III	94,5	1,3	130	16,3	26,7
Маршал						
N ₁₂₀ P ₃₀	I	88,5	1,7	134	11,0	26,5
	II	90	1,5	131	13,4	26,8
	III	89	1,7	101	14,5	26,0
N ₁₈₀ P ₆₀	I	105,5	2,2	135	19,3	27,1
	II	97,5	2	133	13,3	28,3
	III	92,5	2,3	118	19,5	26,4

Более высокой способностью к побегообразованию характеризовались растения риса сорта Маршал. Ранние сроки посева и повышенный фон питания способствовали увеличению значений этого показателя.

Такая же тенденция наблюдалась в динамике показателя озерненности метелок. Повышенный фон питания увеличивал продуктивность метелок на 5,4–11,8 % и на 11,1–12,1 % их продуктивность снижалась при более поздних сроках посева. Средняя озерненность метелок риса сорта Лазурит была ниже на 23,2 % по сравнению с двумя другими сортами, с более длительным периодом вегетации.

Поздний срок посева негативно влиял на показатель выполненности зерна – масса 1000 зерен при этом снижалась почти на 1 г. Увеличение дозы внесения удобрений способствовало повышению показателя в среднем на 2,6–3,7 %.

Таким образом, в зоне северного рисосеяния более продуктивные посевы риса формируются при ранних сроках сева, как только позволяют температурные условия в связи с физиологическими потребностями риса – устойчивый переход среднесуточных температур через 10–12 °С. В южной степи Украины, где расположены рисовые оросительные системы, это происходит в начале III декады апреля. Для реализации продуктивного потенциала изучаемых сортов риса на уровне 10–11 т/га требуется внесение высоких доз минеральных удобрений N₁₈₀P₆₀.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кольцов А. В. Технология возделывания риса в Крыму / А. В. Кольцов. – Симферополь, 1997. – 62 с.
2. Технологія вирощування рису з врахуванням вимог охорони навколишнього середовища в господарствах України: рекомендації / [Ванцовський А. А., Дудченко В. В., Воронюк З. С. та ін.]. – Херсон :Наддніпряночка, 2004. – 77 с.
3. Соколова И. И. Рис // Культурная флора СССР. Крупяные культуры / И. И. Соколова. – Т.3. – Л. : Колос, 1975. – 309 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ СЕЛЕНИТА НАТРИЯ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЛЮПИНА БЕЛОГО

А. В. УСКОВ, аспирант,
Ю. М. ВИГИЛЯНСКИЙ, аспирант,
И. И. СЕРЕГИНА, д-р.биол. наук, профессор,
кафедры Агрономической, биологической химии и радиологии,
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
г. Москва, Россия

Для России белый люпин – культура относительно новая, но в последнее время наблюдается повышение интереса к использованию люпина в кормопроизводстве. Затраты при возделывании белого люпина в 1,5 раза меньше в расчете на 1 га, чем при возделывании сои. Сравнение величины урожая и биохимических показателей даёт основание утверждать, что белый люпин может рассматриваться или как дополнение к сое, или как альтернатива ей. Мука, которую получили из зерна люпина, и белковые изоляты находят применение в хлебобулочном, кондитерском и макаронном производстве, а так же в мясоперерабатывающей промышленности и в производстве лечебно-профилактических и диетических продуктов.

Привлекательность соевого белка в последнее время снижается по причине трансгенности, в связи с чем выбор делается в пользу люпина, как основного немодифицированного и экологически чистого белкового компонента в составе пищевых продуктов [1].

Люпин играет является сидеральной культурой, поэтому ему принадлежит большая агроэкологическая роль, т. к. он обогащает почву симбиотическим азотом и органическим веществом, повышает плодородие и улучшает физическое, химическое и фитосанитарное состояние почв.

Высокий агробиологический потенциал, которым обладает люпин, полностью не используется, а площади посевов люпина в стране не имеют тенденций к стабильному увеличению. Задача современного сельскохозяйственного производства состоит в повышении урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур, повышение их качества также является одной из первоочередных задач [2, 3]. Роль микроэлементов в достижении этих целей очень значима, в связи с чем изучение влияния селена на урожай и качество люпина белого является очень актуальным [4].

Качество белка люпина по содержанию незаменимых аминокислот позволяет занимать люпину лидирующее положение по сравнению с другими бобовыми культурами [5].

Цель исследования: Оценка влияния различных способов внесения селенита натрия на урожайность и качество зерна белого люпина.

В качестве объекта исследования был выбран люпин белый сорта Дега.

Решение поставленных вопросов было проведено путем закладки вегетационного опыта в вегетационном домике кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Выращивание растений люпина белого сорта Дега производили в двойных сосудах высотой 40 см и емкостью 10 кг почвы. Применение селенсодержащих удобрений производилось двумя способами: предпосевная обработка семян (ПОС) путем намачивания семян и фолиарная обработка растений перед началом цветения и после цветения. В качестве селенсодержащего удобрения выступил 0,01 % раствор соли селенита натрия (Na_2SeO_3). В контрольном варианте проводили обработку дистиллированной водой.

Посев семян проводили сухими семенами по 5 шт на 1 сосуд, с последующим прореживанием до 3 растений на 1 сосуд. Повторность в опыте четырехкратная. При выращивании люпина моделировали оптимальные условия водообеспечения (60 % влажности от ПВ).

После уборки урожая проводили определение массы зерна, бобов и стеблей (г/сосуд), а также структуру растения. Для оценки показателей качества определяли содержание сырого протеина, сырой золы, массовой доли влаги и содержания алкалоидов с помощью БИК-анализатора SpectraStar 1400ХТ.

Результаты исследований показывают, что в варианте с предпосевной обработкой семян урожайность зерна повышается по сравнению с контролем, но расчет статистических показателей не подтвердил достоверность данного увеличения. Масса бобов в варианте с ПОС также увеличивается по сравнению с контролем, связано это может быть с увеличением массы створок плода. Также вариант с ПОС обеспечил увеличение массы стеблей. При фолиарной обработке селенитом натрия вегетирующих растений до фазы цветения происходит более чем полуторакратное повышение урожайности

зерна по сравнению с контрольным вариантом при опрыскивании дистиллированной водой. Масса бобов также увеличивается, а вот влияния на урожайность стеблей не выявлено.

Наибольшая прибавка урожая зерна и бобов была получена при опрыскивании вегетирующих семян растений люпина белого 0,01 % раствором селенита натрия. Наивысшие показатели урожайности зеленой массы и бобов по сравнению с контрольным вариантом были получены при применении предпосевной обработки семян.

Наибольший прирост массы надземной части, а также массовой доли бобов наблюдается в варианте с предпосевной обработкой семян селенитом натрия.

Опрыскивание вегетирующих растений селенитом натрия в период до цветения позволило получить больший прирост массовой доли зерна.

В ходе исследования было установлено, что наибольший прирост числа зерен на одно растение, массы 1000 семян и средней длины боба произошел при опрыскивании вегетирующих растений люпина белого 0,01 % раствором селенита натрия до цветения, а применение предпосевной обработки семян стимулировало увеличение средней длины растения.

При изучении качества полученного зерна люпина белого нами было выявлено, что наибольшее количество сырого протеина в зерне, соответствующего первому классу по этому показателю, было получено при опрыскивании вегетирующих растений люпина белого до цветения раствором селенита натрия, однако в этом же варианте произошло снижение содержания сырого протеина в бобах и стеблях при сравнении с контрольным вариантом и вариантом с предпосевной обработкой селенитом натрия. Наивысшее содержание сырого протеина в надземной массе установлен для варианта с предпосевной обработкой семян селенитом натрия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гатаулина, Г. Г., Медведева Н. В., Штеле А. Л., Цыгуткин А. С. Рост, развитие, урожайность и кормовая ценность сортов белого люпина (*Lupinus albus* L.) селекции РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева // Известия ТСХА. – 2013. – Вып. 6. – С. 12–30.
2. Голубкина, Н. А. Влияние геохимического фактора на накопление селена зерновыми культурами и сельскохозяйственными животными в условиях России, стран СНГ и Балтии // Проблемы региональной экологии. – 1998. – № 4. – С. 94–101.
3. Серегина, И. И., Ниловская Н. Т. Роль селена в реализации адаптивной способности пшеницы в условиях окислительного стресса. – М. ВНИИА, 2015. – 152 с.
4. Серегина, И. И., Шумилин А. О., Вигилянский Ю. М., Белопухов С. Л., Гришина Е. А., Цыгуткин А. С., Дмитриевская И. И., Литвинский В. А. Формирование урожайности зерна и показатели качества люпина белого (*Lupinus albus* L.) при применении селенита натрия // Агрохимия. – 2018. – Вып. 7. – С. 73–80.
5. Гатаулина, Г. Г., Медведева, Н. В., Цыгуткин, А. С. Продолжительность вегетации, урожайность семян и элементы структуры урожая разнотипных сортов белого люпина в условиях северной части Центрально-Чернозёмного региона // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Культура люпина – его возможности и перспективы». – Брянск: ЗАО «Издательство «Читай-город», 2012. – С. 131–138.
6. Серегина, И. И. Влияние селена на продуктивность и вынос азота удобрений и почвы растениями яровой пшеницы / И. И. Серегина // Агрохимия. – 2008. – № 8. – С. 20–25.

УДК 633. 853.494:631

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ РАПСА В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Г. А. УТЕНБАЕВА, старший преподаватель кафедры почвоведения и агрохимии,
НАО «Казахский национальный аграрный университет»,
г. Алматы, Республика Казахстан

К масличной культуре рапсу в последние годы существенно вырос интерес сельхозпроизводителей. Повышенный спрос, в том числе и экспортный, и цены, обеспечивающие высокий уровень рентабельности производства, способствуют как росту посевных площадей, так и внедрению в производство новых устойчивых сортов и современных технологий возделывания.

В настоящее время интерес к рапсу возродился вновь, и он становится востребованной масличной культурой, которая имеет широкий ареал возделывания. Эта культура в мировом производстве масличных сегодня занимает второе место после сои [1].

Рапс (*Brassica napus* L. *oleifera* Metzger) – масличная и кормовая культура семейства крестоцветных принадлежит к числу древнейших сельскохозяйственных культур. За последние 10 лет в мире интерес к использованию масличного рапса для пищевых целей возрос и по удельному весу производство рапса вышло на третье место.

Это связано с появлением пищевых сортов рапса, новых современных технологий его переработки, в том числе с использованием экструзионного оборудования, позволяющего получить не только корм для животных из жирного рапса, но и пищевое рапсовое масло и жмых [2].

Рапс возделывается в республике в основном в северных областях, а для предгорных зон юго-востока Казахстана является новой культурой, поэтому применительно к почвенно-климатическим условиям исследуемого региона ее технология возделывания не разработана. Несмотря на отмеченные достоинства, удельный вес площади посевов рапса среди масличных культур в зоне наших исследований невелик. Расширение посевных площадей рапса имеет широкие перспективы, прежде всего, для увеличения производства растительного масла, годовое потребление которого должно вырасти с 8,8 до 13,2 кг на душу населения. Рапсовое масло приобретает все большее значение в качестве альтернативы дизельного топлива. В качестве корма широко используются рапсовый жмых и шрот.

Зеленая масса имеет высокие кормовые достоинства. В 100 кг содержится 16 к.ед., 3,0–3,5 кг переваримого протеина. Одним из факторов, сдерживающих увеличение производства рапса является высокая затратность технологии его выращивания и низкая урожайность, которая не обеспечивает окупаемость затрат на его возделывание. Одним из ограничивающих факторов расширения посевной площади этой культуры в предгорной зоне юго-востока Казахстана является их повышенная требовательность к температуре и влаге. Особенности климата этой зоны – быстрое нарастание тепла в весенний период, приводящее к интенсивному испарению влаги и иссушению верхнего слоя почвы.

Сотрудниками нашего университета изучены приемы ресурсосберегающей технологии, как минимальная обработка основной обработки почвы, место рапса, в короткоротационном плодосменном севообороте, сроки и нормы высева и их влияние на формирование агрофитоценоза рапса обеспечивающие рациональное использование почвенных и биологических ресурсов предгорной зоны юго-востока Казахстана.

До настоящего времени в различных регионах Казахстана проводились разрозненные исследования по изучению отдельных приемов возделывания рапса, сафлора, сои в краткосрочных временных полевых опытах вне севооборота, без учета взаимовлияния компонентов агроэкосистемы «почва – удобрение – растение – качество». В связи с этим вопросы минерального питания рапса, тем более в условиях севооборота, приобретают высокую актуальность. И в сложившихся новых условиях хозяйствования разработка научно обоснованной системы их удобрений является важной и необходимой задачей.

Исследования проводились в КазНИИ земледелия и растениеводства на стационаре отдела минерального питания и агроэкологии в 2012–2013 гг.

Изучалась следующая схема внесения удобрений под рапс:

1. Контроль
2. $P_{80}K_{60}$
3. $N_{30}P_{80}K_{60}$
4. $N_{60}P_{80}K_{60}$
5. $N_{90}P_{80}K_{60}$
6. $N_{120}P_{80}K_{60}$

Площадь опытной делянки 120 м². Повторность трехкратная. Агротехника общепринятая для зоны.

В качестве удобрений использовали: двойной суперфосфат (46 %), хлористый калий (56 % K_2O) аммиачную селитру (34 % N). Размещение вариантов в опыте рандомизированное.

Удобрения, улучшая питательный режим почвы, оказывают влияние на накопление биомассы изучаемой культуры, начиная с первых периодов вегетации до созревания.

В наших исследованиях динамика накопления сухой биомассы растений рапса исследовалась в фазах всходы как целые растения, в фазу полной спелости – стебли, солома и семена отдельно.

Определение сухой биомассы рапса показало, что величина ее существенно повышается при внесении минеральных удобрений.

Таблица 1. Накопление абсолютно сухой биомассы растений культур севооборота, т/га

Варианты	Целое растение		Уборка	
	5–6 пар листьев	семена	солома, стебли	всего
Контроль	0,30	0,70	1,70	2,40
$P_{80}K_{60}$	0,34	0,93	2,23	3,16
$N_{30}P_{80}K_{60}$	0,39	1,12	2,34	3,46
$N_{60}P_{80}K_{60}$	0,34	1,18	2,65	3,83
$N_{90}P_{80}K_{60}$	0,42	1,34	2,86	4,20
$N_{120}P_{80}K_{60}$	0,42	1,17	2,74	3,91

Для ярового рапса уровень содержания подвижного фосфора порядка 14 мг/кг почвы является недостаточным. Сухая биомасса на контроле сформирована в пределах 2,4 т/га. Тогда как улучшение уровня обеспеченности почв фосфором способствовало значительному увеличению этого показателя до 3,16 т/га. Внесение на фоне фосфорно-калийных удобрений возрастающих доз азота также положительно сказалось на увеличении сухой биомассы ярового рапса. При этом уже в начале вегетации и до конца роста и развития растений наибольшее влияние на этот показатель оказала доз азота 90 кг д.в. на фоне фосфорно-калийных удобрений – 4,20 т/га в период уборки.

Потребление растениями сельскохозяйственных культур питательных веществ зависит от агрохимических свойств почвы, условий возделывания, периода роста и развития растений, видовых и сортовых особенностей, предшественников и др.

В наших исследованиях максимальное содержание азота и фосфора в растениях ярового рапса отмечается в начальный период роста и изменяется по вариантам опыта в зависимости от применяемых удобрений (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что содержание азота в растении ярового рапса повышается в основном от внесения азотных удобрений от 4,00 % на контроле до 4,5–4,8 %.

По содержанию фосфора в этот период разница между вариантами не столь существенна как по азоту (0,79–0,83 %). Различие по содержанию азота и фосфора на единицу сухого вещества по вариантам опыта сохраняется до фазы полной спелости зерна.

Таблица 2. Динамика содержания азота и фосфора в растениях ярового рапса в зависимости от удобрений, %

Варианты опыта	Азот			Фосфор		
	целое растение 5–6 пар листьев	уборка		целое растение 5–6 пар листьев	уборка	
		стебли	семена		стебли	семена
Контроль	4,0	0,50	3,14	0,80	0,45	0,98
P ₈₀ K ₆₀	4,4	0,52	3,20	0,80	0,48	1,04
N ₃₀ P ₈₀ K ₆₀	4,8	0,52	3,30	0,79	0,47	1,07
N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀	4,5	0,54	3,26	0,81	0,48	1,08
N ₉₀ P ₈₀ K ₆₀	4,6	0,56	3,32	0,81	0,46	1,13
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	4,5	0,55	3,28	0,83	0,48	1,10

К периоду уборки, содержание азота в стеблях рапса колеблется в пределах (0,50–0,56 %) и по вариантам опыта больших различий не наблюдается, тогда как в семенах содержание азота на удобренных вариантах выше (3,20–3,34 %), чем на контрольном (3,14 %), т. е. можно сказать, что азотные удобрения способствуют не только увеличению поступления азота в начальные фазы роста растений, но и более полному оттоку его из вегетативных органов в генеративные в последующие фазы.

По содержанию фосфора как в стеблях, так и семенах в период уборки отмечается заметная разница между вариантами опыта. Более высокое его содержание наблюдается на фоне внесения фосфорных удобрений.

Таблица 3. Урожайность ярового рапса в зависимости от применения удобрений, (2012–2013 гг.)

Варианты опыта	Урожайность	
	урожай семян, т/га	прибавка урожая, т/га
Контроль	0,87	–
P ₈₀ K ₆₀	1,21	0,34
N ₃₀ P ₈₀ K ₆₀	1,30	0,43
N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀	1,45	0,58
N ₉₀ P ₈₀ K ₆₀	1,83	0,96
N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀	1,42	0,55

Величина урожая ярового рапса, также как и других сельскохозяйственных культур, в значительной степени зависит от условий минерального питания. В наших исследованиях закономерность действия удобрений четко прослеживается, величина урожая колебалась в широких пределах в зависимости от условий питания.

Внесение азотных удобрений на фоне P₈₀K₆₀ дает прибавку урожая от 0,43 до 0,96 т/га в сравнении с контролем – 0,87 т/га. Фосфорно-калийные удобрения способствуют получению дополнительно 0,34 т/га.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что наибольшая прибавка урожайности по сравнению с контролем получена в варианте с внесением минеральных удобрений N₉₀P₈₀K₆₀. Данный вариант внесения расчетных норм минеральных удобрений обеспечил получение запланированной урожайности свыше 1,83 т/га.

На основе проведенных исследований установлено, что все изучаемые виды удобрений способствуют в различной степени повышению сухой биомассы рапса относительно не удобренного варианта. Урожайность изучаемой культуры существенно возростала при внесении различных видов и доз удобрений, и прибавка урожая семян рапса от удобрений составила 0,34–0,96 т/га от неудобренного контрольного варианта. Установлено, что наибольшая прибавка урожайности по сравнению с контролем получена на варианте с внесением $N_{90}P_{80}K_{60}$ – 0,96 т/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисицын, А. Н., Григорьева В. Н., Лишаева Л. Н. Рапс – высокоценная масличная культура многоцелевого назначения // Вестник всероссийского научно-исследовательского института жиров. – 2013. – №1. – С. 5–12.
2. Двуреченский, В. И., Нугманов А. Б., Сидорик И. В. и др. Возделывание ярового рапса на корм и маслосемена в условиях Северного Казахстана: практич. рук-во для хозяйств различных форм собственности. Заречный: Северо-Западный научно-производственный центр сельского хозяйства, 2010. – 29 с.

УДК 631.811.631.816.12:631.11”324”

ДИНАМИКА МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В ПОЧВАХ СВЕТЛЫХ СЕРОЗЁМОВ В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Ш. З. ХАКИМОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
Наманганский инженерно-технологический институт,
г. Наманган, Республика Узбекистан

В почвах Ферганской долины основную часть минерального азота составляют нитраты, потому что почвы региона выделяются высшим биогенным свойством, из за этой причины употребляемые в виде аммония и амида азотные удобрения в считанные дни превращаются в нитраты. Легко усвояемые растениями подвижные формы азота из почвы, а также по количественному соотношению считаются нитратный и аммиачный азот. $N-NO_3$ не входит в комплекс поглощения почвы, быстро растворяются в воде и под дождем, а также при вегетационных поливах вымываются в нижние глубокие слои почвы. В период вегетации растений, особенно летом, через 5–6 дней после полива содержание нитратного азота в верхнем слое почвы возвращаются в начальную стадию, иногда содержание нитрата может быть больше чем предусматривалось [1, 6]. А также выявлено, что весной и в определённых условиях содержание $N-NH_4$ в почве может быть больше чем содержание $N-NO_3$ [2].

Ферганская долина – древний центр культурного земледелия, занимает восточную часть Узбекистана, где расположены Андижанская, Наманганская и Ферганская области. Площадь орошаемых светлых серозёмов в долине составляет около 363 тыс. га [4].

Полевые опыты по изучению эффективности возрастающих норм минеральных удобрений на озимой пшенице (*Triticum aestivum* L.) проведен в хозяйстве «Джалалабад» Учкурганского района Наманганской области. В исследованиях испытывалась реакция четырёх сортов («Чиллаки» – ультраскороспелый и «Купава», «Деметра», «Санзар-8» – среднеспелые сорта) на разные уровни минерального питания. Вся норма РК и 30 кг/га N внесена под осеннюю вспашку, оставшаяся доза азота – равными частями в период возобновления весеннего кущения и в фазе трубкования.

До закладки опыта в 0–30 см слое орошаемой серозёмной (среднесуглинистой) почвы содержалось: 1,130 % гумуса, соответственно 0,118, 0,165 и 1,092 % валовых форм NPK, 27,7 мг/кг $N-NO_3$, 25,5 мг/кг подвижного P_2O_5 и 215 мг/кг обменного K_2O .

Варианты опыта заложены в 4 повторениях, расположение одноярусное, площадь каждой делянки составляла 224 м² (5,6 м х 40 м). Использовалась аммиачная селитра (34 % N), простой суперфосфат (19 % P_2O_5) и хлористый калий (60 % K_2O).

Данная почва свойственно с сухим субтропическим предгорном пустынно-пастбищным адырным типам и находится на 300–600 метров выше уровня моря. По гранулометрическому составу серозёмы легкие и средне песчаные.

Для почв развитых на аллювиальных породах свойственно много крупных пыльных фракций (40–50 %), обогащены глиняными молекулами (<0,001) верхних и средних слоев [7].

Опыты показали, что в период роста с применением различных норм минеральных удобрений в почвенном слое 0–50 см среднее содержание $N-NO_3$ было выше чем $N-NH_4$. Это не было взаимосвязано с изучаемыми сортами. Повышение норм минеральных (азотных) удобрений привело к росту нитратного азота в два раза по отношению к аммиачному азоту.

В период вегетации на не удобренных вариантах содержание $N-NO_3$ и $N-NH_4$ в почве было меньше (<17 мг/кг) и характеризуется близостью друг к другу. Значит, в этих почвах порядок минерализации органических веществ относится к типу аммиачно-нитратного [2].

Для повышения нитратов по отношению к аммиачному азоту в этих почвах также существует следующее разъяснение. Органические вещества в составе почвы минерализуются при участии микроорганизмов и просто разлагаются, происходит процесс аммонификации и нитрификации. В итоге образуется $N-NO_3$ и $N-NH_4$. Часть полученного аммиачного азота впитывают частицы почвы, часть осваивается микроорганизмами, часть окисляется и превращается в нитраты и нитриты. Оставшаяся часть $N-NH_4$ свободно испаряется в атмосферу. За счет этого к концу вегетационного периода количество $N-NH_4$ по отношению к $N-NO_3$ бывает меньше [8].

Динамика изменения минерального азота ($N-NO_3+N-NH_4$) в период вегетации в слое почвы 0–50 см в зависимости от норм минеральных удобрений была разной (рисунок).

Самое большое количество минерального азота в почве во всех вариантах возрастало от кущения до трубкования растений. Например, 2011 году в период трубкования сорта «Чиллаки» в слоях почвы на 0–50 см среднее количество составляло 34,2–50,6 мг/кг, а в сорте «Купава» было в пределах 40,8–56,6 мг/кг.

Повышенное количество минерального азота в этих двух вегетационных периодах связаны с улучшением гидрометрического условий почвы, активацией микробиологических процессов и применением различных норм азотных удобрений [5].

В период вегетации озимой пшеницы (колосования, молочного созревания и полной спелости зерна) наблюдается постепенное уменьшение количества $N-NO_3+N-NH_4$ в почве. Самый низкий показатель соответствует периоду полного созревания (2011 г., соответственно с применяемыми нормами минеральных удобрений под сортом «Чиллаки» 16,0–27,5 мг/кг, «Купава» 17,6–28,9 мг/кг).

Уменьшение количества минерального азота в почве под конец вегетации связано с интенсивным усвоением питательных веществ, накоплением органической массы и урожая. Опыты показали, что существует различие по количеству минерального азота в почве под изучаемыми сортами озимой пшеницы по годам опытов в соответствии с нормами применяемых минеральных удобрений.

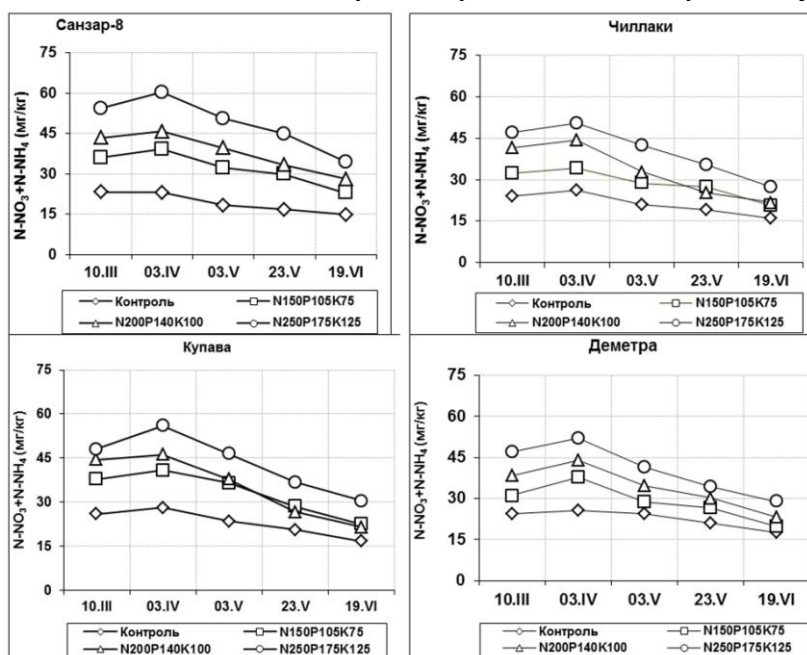


Рис. Динамика минерального азота ($N-NO_3+N-NH_4$) в почве (0–50 см) в период развития сортов озимой пшеницы

Не смотря на это, под сортами Чиллаки, Купава и Деметра показатели были близки друг к другу. Сорт Санзар-8, в особенности при применении $N_{250}P_{175}K_{125}$, отличается от перечисленных выше сортов: за всю вегетацию в слое 10–50 см характеризуется высоким содержанием (10 мг/кг) минерального азота.

За время опытов во всех изученных сортах (Санзар-8, Чиллаки, Купава и Деметра) в период веге-

В период развития (колосование – полная спелость) растений количество $N-NO_3+N-NH_4$ в почве постепенно уменьшается. Динамика минерального азота в почве под сортами Чиллаки, Купава и Деметра близки друг другу, сорт Санзар-8, особенно при применении $N_{250}P_{175}K_{125}$ отличается от других сортов.

Динамика подвижного фосфора в почве в период вегетации озимой пшеницы близка к динамике минерального азота. При применении одинаковых норм минеральных удобрений в сортах Купава и Деметра на протяжении вегетационного периода количество подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см выше, чем под сортом Санзар-8, а под сортом Чиллаки находится между ними.

Количество обменного K_2O в 0–30 см слое почвы во всех вариантах с фазы кущения до фазы колосования повышается, затем до периода полного созревания зерна уменьшается.

Для сортов Чиллаки, Купава и Деметра приемлемое соотношение подвижных форм NPK в почве выявлено в вариантах с применением $N_{200}P_{140}K_{100}$ и $N_{250}P_{175}K_{125}$ кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кариев, А. А. Баланс азота удобрений и пути его эффективного использования под хлопчатник.: автореф. дисс... доктора с.-х. наук – М.: ТСХА. 1991. – С. 38.
2. Рискиева, Х. Т. Азот в почвах зоны хлопкосеяния Узбекистана и пути повышения эффективности азотных удобрений: автореф. дис... доктора с.-х. наук. – Т.: ИПА АН УзССР. 1991. – С. 56.
3. Саттаров, Д. С. Динамика элементов питания в почве в зависимости от сорта хлопчатника. «Сорт, почва, удобрения и урожай». Т.: «Мехнат». 1988. – С. 41–45.
4. Системы ведения сельского хозяйства Узбекской ССР. Отв. ред. Лапкин К.И. – Т.: Фан, 1973. – С. 16–33.
5. Горюпкина, А. Л. Жизнедеятельность микрофлоры в сероземах в зависимости от агротехники возделывания хлопчатника. – Т.: Узбекистан. 1971. – С. 54–91.
6. Хаджиев, Т. Х. Трансформация азота удобрений и экологические основы повышения его эффективности в условиях орошаемых почв сероземного пояса.: автореф. дис... доктора с.-х. наук. – Т.: НИИПА АН РУз. 1998. – С. 49.
7. Бобохужаев, И., Узоков П., Курук субтропикларнинг тоғолди чўл-дашт зонаси тупроклари (бўз тупроклар). «Тупрокшунослик». Т.: «Мехнат», 1995. 395–414 бетлар.
8. Мустакимов, Г. Д. Ўсимликлар физиологияси ва микробиология асослари. Ўсимликларнинг тупрокдан озиқланиши (минерал элементларнинг ўзлаштирилиши). Т.: «Ўқитувчи». 1995. – 124–165 бетлар.

УДК 633.11

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ СТРУКТУРЫ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА «АЛТАНА» В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

К. Э. ХАЛГАЕВА, канд. с.-х. наук, ассистент,
М. А. ИВАНКИЕВА бакалавр направление «История»,
Е. А. КРАВЧЕНКО бакалавр направление,
«Фундаментальная информатика и информационные технологии»,
А. В. ДЕРТИЕВА бакалавр направление «Зарубежное регионоведение»,
В. В. ВАЛЕТОВА бакалавр направление,
«Государственное и муниципальное управление»,
ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова»,
г. Элиста, Республика Калмыкия

Использование стимуляторов роста – высокоспецифичный агротехнический приём, который не может быть заменен технологическими приемами воздействия на растение такими, как минеральные удобрения и полив. Поэтому воздействие БАВ и минеральных удобрений на продукционный процесс озимой пшеницы должно быть комплексным, а не взаимозаменяющим.

В связи с вышесказанным, целью наших исследований являлось научное обоснование комплексного использования стимуляторов роста и минеральных удобрений как элемента технологии возделывания озимой пшеницы в условиях светло-каштановых почв Калмыкии. В связи со сложным многообразием действия минерального питания на процесс формирования урожая озимой пшеницы, нами проводились исследования по изучению питательного режима, складывающегося в посевах сортов озимой пшеницы при внесении различных норм минеральных удобрений с целью получения высоких урожаев. Также установлены характер и объемы потребления элементов питания растений при разных фонах удобрений, которые дают возможность установления их потребности по основным фазам роста и развития посевов озимой пшеницы [3].

Механизм действия изучаемых биопрепаратов Биосила и Бинорама на растения озимой пшеницы основан преимущественно на активизации природного регулятора роста – индолил-3 уксусной кислоты, которая оказывает ростостимулирующее действие на растения – повышает всхожесть семян, продуктивную кустистость, увеличивает количество зёрен в колосе и массу семян. На фоне низкого уровня минерального питания фитогормоны снижают рост и поглотительную активность корней, а на фоне высокого уровня минерального питания – наоборот активируют рост и поглощение питательных веществ из почвы [2]. В то же время стимулятор роста неорганической природы – минерал Бишофит не уступает по своей эффективности биопрепаратам – Биосилу и Бинораму и, как источник магния и комплекса жизненно необходимых растению макро- и микроэлементов, играет важную роль в процессах обуславливающих биологическую активность ферментов в процессе прорастания зерна и последующего развития растений [3].

Исследования проводились в 2015–2017 гг. в центральной зоне республики в четырёх полевых опытах кафедры агрономии Калмыцкого госуниверситета по схеме:

Опыт 1 (без обработки семян и растений озимой пшеницы биостимуляторами) вариант 1 – контроль (без удобрений и стимуляторов роста), вариант 2 $N_{60} P_{40}$; вариант 3 $N_{90} P_{60}$.

Опыт 2 (с обработкой семян и растений озимой пшеницы Биосилом) вариант 1 – контроль (без удобрений и стимуляторов роста), вариант 2 $N_{60} P_{40}$; вариант 3 $N_{90} P_{60}$.

Опыт 3 (с обработкой семян и растений озимой пшеницы Бинорамом) вариант 1 – контроль (без удобрений и стимуляторов роста), вариант 2 $N_{60} P_{40}$; вариант 3 $N_{90} P_{60}$.

Опыт 4 (с обработкой семян и растений озимой пшеницы Бишофитом) вариант 1 – контроль (без удобрений и стимуляторов роста), вариант 2 $N_{60} P_{40}$; вариант 3 $N_{90} P_{60}$.

Повторность опыта 4-кратная, площадь делянки – 50 м², норма посева озимой пшеницы сорта «Алтана» – 3,5 млн всхожих семян на 1 га. Нашими исследованиями с сортом озимой пшеницы «Алтана» также выявлено существенное влияние на показатели структуры урожая, в том числе количество продуктивных побегов, число зёрен в колосе, массу зерна в колосе, массу 1000 зёрен от взаимодействия двух факторов – обработок растений озимой пшеницы стимуляторами роста и внесения в почву азотно-фосфорных удобрений (табл.).

Структура урожая озимой пшеницы сорта «Алтана» в зависимости от обработок стимуляторами роста на различных фонах минерального питания, в среднем за 2015–2017 гг.

Варианты	Число растений к уборке, шт./м ²	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Продуктивная кустистость, шт./растение	Число зёрен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 шт., г	Биологическая урожайность, т/га
без удобрений							
без обработки (контроль)	197	364	1,85	26,7	0,73	27,3	2,66
Бишофит	205	392	1,91	26,9	0,74	27,5	2,90
Биосил	216	419	1,94	27,0	0,77	28,5	3,23
Бинорам	211	407	1,93	26,9	0,76	28,3	3,09
на фоне минерального питания в дозе $N_{60} P_{40}$							
без обработки	238	523	2,20	28,0	0,78	27,9	4,08
Бишофит	251	592	2,36	29,5	0,85	28,8	5,03
Биосил	260	614	2,38	29,7	0,90	30,3	5,53
Бинорам	255	601	2,36	29,7	0,88	29,6	5,29
на фоне минерального питания в дозе $N_{90} P_{60}$							
без обработки	250	588	2,35	28,8	0,79	27,4	4,65
Бишофит	265	649	2,45	31,8	0,95	29,9	6,17
Биосил	275	679	2,47	32,5	1,00	30,8	6,80
Бинорам	272	669	2,46	32,1	1,00	31,2	6,69

Результаты полевых опытов (2015–2017 гг.) показали, что значения этого показателя зависят от условий внешней среды и комплексного влияния обработок стимуляторами роста и минеральных удобрений. В среднем за три года по вариантам наблюдалось увеличение массы зерна в результате воздействия предпосевной и вегетационной обработок растений стимуляторами роста. Так, на варианте без внесения азотно-фосфорных удобрений масса зерна в 1 колосе увеличивалась от действия стимуляторов роста на 0,01–0,04 т/га по отношению к контрольному варианту.

Улучшение минерального питания почвы под посевами озимой пшеницы без обработки стимуляторами роста повышало показатель массы зерна с колоса по сравнению с контролем уже на 0,05–0,09 т/га. Ростостимулирующее действие активаторов роста значительно усиливалось на фоне минерального питания $N_{60} P_{40}$ ($N_{90} P_{60}$), что подтверждает факт увеличения массы зерна в колосе в вариантах с Бишофитом на 0,12 (0,22) т/га, на вариантах с Бинорамом на 0,15 (0,27) т/га и на более эффективных вариантах с Биосилом – на 0,17 (0,27) т/га. Похожие тенденции взаимоусиливающего влияния стиму-

ляторов роста и минеральных удобрений на структурные элементы урожая наблюдается по таким показателям, как продуктивная кустистость, масса 1000 зёрен, число зёрен в колосе (табл.). По вариантам с обработкой стимуляторами роста на фоне удобрений $N_{60}P_{40}$ ($N_{90}P_{60}$) прибавка к контролю составила 228 (295) шт./м² от ростостимулирующего воздействия минерала Бишофит, 250 (315) шт./м² – от биопрепарата Биосил и 237 (305) шт./м². Следовательно, наибольшие прибавки количества продуктивных побегов обеспечивает применение стимуляторов роста при внесении дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{60}$ и биопрепарата Биосил. Наибольшая густота продуктивного стеблестоя в вариантах без удобрений, в среднем за 3 года, сформировалась с обработкой посевов стимулятором роста Биосил – 419 шт./м².

Таким образом, анализ экспериментальных данных структурных элементов урожая подтверждает тот факт, что оптимизация минерального питания растений путём внесения в почву азотно-фосфорных удобрений в сочетании с фитогормональной регуляцией метаболизма растений с помощью стимуляторов роста повышает густоту продуктивного стеблестоя на единице площади, продуктивности колоса за счёт увеличения его озернённости и обеспечивает тем самым формирование большей урожайности, чем на вариантах, где минеральные подкормки и обработки стимуляторами роста проводились отдельно, а не комплексно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оконов, М. М. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Калмыкии. Актуальные проблемы сельскохозяйственного производства / М. М. Оконов, К. Э. Халгаева // Материалы научно-практической конференции, посвященной 85-летию аграрной науки Калмыкии. – Элиста, 2010. – С. 118–121.
2. Пушкин, А. С. Влияние предпосевной обработки семян бишофитом и активаторами роста на урожайность озимых культур на светло-каштановых почвах Волгоградской области / А. С. Пушкин // Материалы VII - VIII региональных конференций молодых исследователей. Волгоградской области. – ВГСХА Волгоград, 2004. – С. 26–27.
3. Филин, В. И. Биологические и технологические основы программированного возделывания сельскохозяйственных культур при орошении в зоне сухих степей Нижнего Поволжья: дис. доктора с.-х. наук: 06.01.09 / В. И. Филин – Волгоград, 1987. – 300 с.

УДК 633.15:631.526.325(470.64)

БИОПРЕПАРАТЫ НА ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ В КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

И. М. ХАНИЕВА, д-р с.-х. наук, профессор,
Ю. М. ШОГЕНОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ,
А. П. ВАРКВАСОВ, магистрант,
З. А. БЕГИДОВА, магистрант,
г. Нальчик, Россия

Многочисленные авторы приводят свои данные о приемах, приводящих к улучшению развития площади листьев растений, среди них такие средства как биопрепараты. Они являются надежными средствами борьбы за высокий урожай, активизируют деятельность полезной почвенной микрофлоры, обеспечивают накопление питательных веществ в почве; ускоряют начало цветения, увеличивают количество завязей и период плодоношения, стимулируют развитие корневой системы; повышают иммунитет растений [1, 2, 3, 4].

Полевые опыты проводились в УПК КБГАУ. Почвы опытного участка представлены выщелоченным черноземом тяжелосуглинистым.

Площадь учетной делянки в опыте составляла 100 м². Повторность четырехкратная, размещение рендомизированное (по Б. Х. Доспехову, 1979).

В полевых опытах в качестве объекта исследований был использован среднеспелый гибрид кукурузы Валентин МВ.

В полевом опыте в схему включались варианты по изучению влияния предпосевной обработки семян биопрепаратами на рост, развитие и урожайность кукурузы. Схема опыта включала восемь вариантов:

- 1 - контроль (намачивание семян водой);
- 2 - обработка Азотовитом (А);
- 3 - обработка Бактофосфин (В);
- 4 - обработка Активит (С);
- 5 - Экобактер-терра (D) ;

6 - обработка Азотовит+Бактофосфин (AB);

7 - обработка Азотовит+Бактофосфин+Активит МБ (ABC);

8 - обработка Азотовит+Бактофосфин+Активит МБ+Экобактер-терра (ABCD).

В вариантах совместной обработки: AB, ABC, ABCD соотношение растворов соответствующих биопрепаратов было 1:1, 1:1:1, 1:1:1:1.

Площадь учётной делянки составляла 100 м². Размещение делянок было рендомезированным, в два яруса.

Все предусмотренные программой наблюдения и анализы выполнены по соответствующим ГОС-там и методикам, принятым в научных учреждениях.

В опыте с биопрепаратами площадь листовой поверхности развивалась прямо пропорционально уровню питания, однако характерной чертой являлось то, что при внесении Бактофосфин (B) повышалась площадь листовой поверхности у среднеспелого гибрида Валентин МВ составила 5,1 тыс. м², или 13,2 %, что говорит о том, что растения кукурузы отзывчивы на обработку биопрепаратами (табл.1).

Таблица 1. Площадь листьев гибрида кукурузы Валентин МВ в зависимости от обработки биопрепаратами, тыс. м² (среднее за 2016–2018 гг.)

Гибрид	Биопрепараты							
	Контроль (намачивание водой)	Азотовит (A)	Бактофосфин (B)	Активит МБ (C)	Экобактер-терра (D)	Азотовит+Бактофосфин (AB)	Азотовит + Бактофосфин + Активит МБ(ABC)	Азотовит + Бактофосфин + Активит МБ + Экобактер-терра (ABCD)
Валентин МВ	39	45,5	43,9	47,0	47,1	47,1	50,4	52,0

Наибольшая площадь листовой поверхности получена на вариантах с комбинациями, где соотношение фосфора выше азота и калия Азотовит+Бактофосфин (AB) и Азотовит+Бактофосфин+Активит МБ (ABC) прибавка листовой поверхности составляет для гибрида Валентин МВ в пределах 9,6–11,3 тыс. м², или 24,7–29,0 %, что выше прибавки полученной при внесении повышенных доз азота в отношении фосфора и калия (Активит МБ (C) и Экобактер-терра (D), где прибавка листовой поверхности составляла в пределах соответственно у гибрида 16,7–20,6 %. В целом по родительским формам гибрида Валентин МВ наблюдалась такая же зависимость. Таким образом, можно подвести итог вышесказанному, что для развития наибольшей листовой поверхности у растений кукурузы требовалось внесение биопрепаратов.

Особо надо отметить результаты, полученные в эксперименте с биопрепаратами (табл. 2).

Таблица 2. Урожай зерна гибридов кукурузы в зависимости от обработки биопрепаратами, ц/га

Гибрид (A)	Годы	Биопрепараты (B)							
		Контроль (намачивание водой)	Азотовит (A)	Бактофосфин (B)	Активит МБ (C)	Экобактер-терра(D)	Азотовит+Бактофосфин (AB)	Азотовит+Бактофосфин +Активит МБ(ABC)	Азотовит + Бактофосфин + Активит МБ + Экобактер-терра (ABCD)
Валентин МВ	2015	56,0	58,7	60,4	61,0	69,4	61,5	68,8	71,1
	2016	64,4	81,3	81,9	81,6	78,1	83,7	85,7	88,4
	Ср.	60,2	70,0	71,2	71,3	73,8	72,6	77,3	79,8

Ошибка опыта = / 2.22281/

НСР для фактора А: / 2.07632/

НСР для фактора В: / 2.54296/

НСР для взаимодействий:/ 5.08592/

Для среднеспелого гибрида Валентин МВ на варианте контроль (намачивание водой) получен урожай зерна 60,2 ц/га в среднем за два года исследований, а с обработкой Бактофосфин (B) существенно возрастает урожай зерна и дает прибавку 11 ц/га, или 18,3 %. При внесении биопрепаратов в комбинации Активит МБ (C) прибавка урожая растет до 11,1 ц/га или 18,4 %, но надо заметить, что при внесении комбинации Азотовит+Бактофосфин+Активит МБ (ABC) прибавка была 17,1, или 28,4, что выше на 6 ц/га предыдущей прибавки. Если сравнивать с вариантом Бактофосфин (B) прибавка выросла значительно, до 11 ц/га при комбинации Азотовит+Бактофосфин (AB) и Азото-

вит+Бактофосфин+Активит МБ (АВС), или при сравнении с контролем (намачивание водой) прибавка составила в пределах 17,1 ц/га, или 28,4 %. Такая же закономерность наблюдается на всех вариантах кукурузы, лишь надо отметить, что особенностью является то, что среднеспелый гибрид Валентин МВ дают наибольшую прибавку при обработке биопрепаратами Азотовит+Бактофосфин+Активит МБ+ Экобактер-терра.

Наибольшая площадь листовой поверхности у гибридов кукурузы формируется на варианте Азотовит+Бактофосфин+Активит МБ +Экобактер-терра.

Обработка биопрепаратами семян кукурузы перед посевом в комбинации Азотовит + Бактофосфин + Активит МБ + Экобактер-терра позволила повысить урожайность зерна среднеспелого гибрида кукурузы Валентин МВ и родительских форм в 1,33 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ханиева, И. М., Шогенов Ю. М., Шибзухов З. Г. С. Зависимость структуры урожая гибридов кукурузы в Кабардино-Балкарии от сортовых особенностей и обработки биопрепаратами // В сборнике: Технологии, инструменты и механизмы инновационного развития. Материалы международной научно-практической конференции НИЦ «Поволжская научная корпорация». 2017. С. 159–162.
2. Шогенов, Ю. М., Гатажиков З., Ханиев М. Х., Шогенов Ю. М. Посевные качества семян некоторых гибридов кукурузы в условиях КБР // Зерновое хозяйство. 2007. № 3–4. – С. 37–39.
3. Шогенов, Ю. М. Морфологическое строение и характер распространения корней у кукурузы в зависимости от минерального удобрения и густоты стояния // Шогенов Ю. М., Ханиева И. М., Кумахов Т. Р. / Зерновое хозяйство. 2004. № 4. С. 9.

УДК 631.87:633.31/.37

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «ЭКОБАКТЕР ТЕРРА» НА ПОСЕВАХ ГОРОХА В КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

И. М. ХАНИЕВА, д-р с.-х. наук, профессор,
А. Л. БОЗИЕВ, канд. с.-х. наук, доцент,
И. М. КАСЬЯНОВ, аспирант,
А. Р. БИСЧОКОВ, магистрант,
Э. Х. ХАНИЕВ, магистрант,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ,
г. Нальчик, Россия

Широкое внедрение в сельскохозяйственное производство механизации (глубокая обработка почв, мелиорация и др.) и химизации (минеральные удобрения, различные ядохимикаты) оказало негативное влияние на свойства почвы (структура, водопроницаемость, аэрация, уменьшенная подвижность N, P, K), количество и качество производимой продукции, окружающую среду и здоровье людей.

Эти и другие данные позволяют считать, что настало время перейти от действующей сейчас агрохимической концепции земледелия на агробиологическую. Основная суть технологии биологического земледелия состоит во внесении в почву эффективных микроорганизмов (ЭМ). Они обогащают почву легкодоступными элементами питания, делают ее плодородной и поставляют растениям необходимые продукты своей жизнедеятельности (ферменты, витамины, аминокислоты и пр.). При этом не применяются минеральные удобрения, пестициды и другие химические средства защиты растений, продукция становится экологически чистой и полностью безопасной для человека.

В связи с этим значительный интерес представляет новый препарат «Экобактер-Терра». Микробиологическое удобрение «Экобактер-Терра» содержит устойчивое сообщество физиологически совместимых и взаимодополняющих полезных микроорганизмов, отвечающих за процессы регенерации. «Экобактер-терра» – водный раствор, содержащий симбиотический комплекс специально отобранных природных живых микроорганизмов: молочнокислые и фотосинтезирующие бактерии, бактерии, фиксирующие азот, сахаромицеты и культуральную жидкость. Универсальность в применении и большая эффективность этого препарата заключается в его многокомпонентности, а это, принципиально отличает его от других microbiological препаратов.

Поэтому изучение эффективности бактериальных препаратов и применение их на бобовых культурах является актуальным и имеет практическую и научную значимость.

В связи с этим, мы изучали влияние microbiological препарата «Экобактер-Терра» на посевах гороха в условиях предгорной зоны КБР. Экспериментальная работа выполнялась в 2017–2018 гг. на учебно-опытном поле УПК Кабардино-Балкарского ГАУ. Применение ЭМ – технологии состояло в предпосевной обработке и листовой подкормке в фазу бутонизации семян гороха. Цель исследований состояла в определении эффективности препарата «Экобактер-Терра» на посевах гороха сорта «Губернатор» в условиях предгорной зоны КБР.

Задачи исследований:

Определить действие препарата «Экобактер-Терра» на полевую всхожесть, элементы структуры и урожайность гороха.

Схема опыта:

1. Ин. Р₆₀К₃₀ (Фон)
2. Фон + 1:1000
3. Фон + 1:1500
4. Фон + 1:2000

Семена гороха сорта «Губернатор» были обработаны препаратом «Экобактер-Терра» за сутки до посева в соответствующей концентрации.

Данные по влиянию экологических условий выращивания и концентрации препарата Экобактер-Терра на полевую всхожесть и сохранность растений к уборке, полученные нами в результате проведения опытов, показаны в табл. 1.

Таблица 1. Влияние препарата Экобактер-Терра на полевую всхожесть семян и сохранность растений гороха

Концентрация препарата	На квадратном метре		Сохранилось растений к уборке	
	взошло растений, шт.	полевая всхожесть, %	штук	%
1	2	3	4	5
Ин. Р ₆₀ К ₃₀ (Фон)	76,5	83,1	72,7	95,1
Фон + 1:1000	116,4	95,6	114,1	98,0
Фон + 1:1500	112,3	93,6	108,0	96,2
Фон + 1:2000	95,6	92,6	91,9	96,1

Приведенные в табл. 1 данные показывают, что полевая всхожесть семян гороха находится в зависимости от концентрации препарата. Чем ниже концентрация, тем ниже полевая всхожесть семян. Например, в условиях предгорной зоны КБР, при концентрации 1000, 1500 и 2000, полевая всхожесть соответственно равна 95,6; 93,4 и 92,5 %. При концентрации 2000 полевая всхожесть на 3,4 % ниже по сравнению с участками, где семена обрабатывались 1:1000.

Проведенный анализ структуры урожая на растениях в каждой повторности (по каждому варианту 120 растений) показал, что наивысший урожай зерна обеспечивался при концентрации 1:1000. Уменьшение концентрации раствора снижает урожай гороха с единицы площади.

Из результатов исследований следует, что с уменьшением концентрации препарата Экобактер-Терра против оптимальной, снижается количество растений на единице площади, кол-во бобов на 1 растение, среднее кол-во зерен в 1 бобе, количество зерен на 1 растение (табл. 2).

Таблица 2. Влияние микробиологического препарата Экобактер-Терра на элементы структуры урожая гороха в КБР

Элементы структуры урожая	Варианты опыта			
	Ин. Р ₆₀ К ₃₀ (Фон)	Фон + 1:1000	Фон + 1:1500	Фон + 1:2000
1	2	3	4	5
Число растений на 1 м ² , шт.	72,7	114,1	108,0	91,9
Кол-во бобов на 1 растение, шт.	6,0	6,7	6,4	6,2
Среднее кол-во зерен в 1 бобе, шт.	4,2	5,0	4,8	4,6
Количество зерен на 1 растение, шт.	25,2	33,5	30,7	28,5

Данные табл. 2 показывают, что при концентрации препарата 1000 на одно растение приходится больше бобов (96,7 шт) и соответственно семян (33,5 шт). При снижении концентрации препарата Экобактер-Терра уменьшается количество растений на единице площади, которые образуют и меньше бобов и семян. При снижении концентрации препарата Экобактер-Терра до 2000 количество зерен на 1 растение уменьшается до 28,5 шт.

Определяющим фактором при оценке изучаемого препарата «Экобактер-Терра» является урожайность. Концентрация препарата Экобактер-Терра оказывает значительное влияние на урожайность зерна гороха (табл. 3).

Таблица 3. Продуктивность гороха в зависимости от применения препарата Экобактер-Терра в условиях КБР, ц/га

Варианты опыта	Урожайность зерна	Разность, ц/га
1	2	3
Ин. Р ₆₀ К ₃₀ (Фон)	17,4	0
Фон + 1:1000	25,9	8,5
Фон + 1:1500	21,6	4,2
Фон + 1:2000	19,5	2,1

НСР_{0,95} (ц/га) – 1,06

ОШИБКА ОПЫТА – 1,64 %

Как следует из данных табл. 3, наиболее высокий урожай зерна гороха (25,9 ц/га) получен при концентрации препарата Экобактер-Терра – 1000 прибавка урожая по сравнению с другими вариантами составила 8,5 ц/га.

Снижение концентрации препарата Экобактер-Терра приводит к понижению полевой всхожести, уменьшению количества бобов и зерен на одно растение. При уменьшении концентрации препарата Экобактер-Терра по сравнению с оптимальной до 2000 недобор урожая составляет 24,7 %.

«Экобактер-терра» – водный раствор, содержащий симбиотический комплекс специально отобранных природных живых микроорганизмов: молочнокислые и фотосинтезирующие бактерии, бактерии, фиксирующие азот, сахаромицеты и культуральную жидкость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононенко С. В. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях предгорной зоны КБР / Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2013. – №94. – С. 622–631.
2. Магомедов К. Г. Урожайность и качество зерна гороха в зависимости от биопрепаратов и регуляторов роста в условиях предгорной зоны КБР / Магомедов К. Г., Ханиев М. Х., Ханиева И. М., Бозиев А. Л., Кишев А. Ю. // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 5. – С. 27–28.
3. Ханиева, И. М. Влияние регуляторов роста на урожайность и фитосанитарное состояние посевов сои в Кабардино-Балкарии / И. М. Ханиева, Б. Х. Жеруков, А. Л. Бозиев, З. З. Аутлова / Вестник РАСХН, М. – № 6. – 2012 г. – С. 47–49.
4. Ханиева И. М. Эффективность инокуляции семян гороха в предгорной зоне КБР / Зерновое хозяйство. – 2006. – № 8. – С. 23–24.
5. Ханиева, И.М., Бозиев А.Л. Эффективность микро- и макроудобрений при выращивании гороха // Агрохимический вестник. – 2005. – № 5. – С. 22–23.
6. Ханиева, И.М. Биозэкологическое обоснование технологических особенностей возделывания гороха в агроландшафтах центральной части Северного Кавказа.-автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия. – Нальчик, 2006.

УДК 546.56:633.112.9"321"

ВЛИЯНИЕ ЦИНКА НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

М. Н. ШАГИТОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Беларусь

Тяжелые металлы (ТМ) условно можно разделить на фитотоксичные (токсичность для растений выше, чем для человека и животных) и токсичные для человека и животных. Причём одни и те же металлы оказывают неодинаковое воздействие на различные виды растений. Отравление растений ТМ может происходить не только за счет их поступления через корни из загрязненных почв. Выпадение ТМ из атмосферы на поверхность листьев также может сопровождаться отрицательной реакцией организма – угнетением фотосинтеза, усилением дыхания, торможением оттока метаболитов. При попадании загрязнителей на листья скорость их проникновения в организм зависит от толщины кутикулы. По этому признаку металлы распределяются следующим образом: $Cd > Pb > Zn > Cu > Mn > Fe$, по мобильности в растении: $Fe > Cu > Mn > Cd > Zn > Pb$. Из большого разнообразия ТМ наибольшую опасность представляют кадмий, свинец, ртуть, цинк и медь, что связано с их высокой токсичностью.

По сравнению с ртутью, кадмием и свинцом цинк обладает меньшей фитотоксичностью, кроме того, он является очень важным микроэлементом. Однако, избыток цинка в почве приводит к дисбалансу элементов питания в растениях и отрицательно влияет на синтез и функции многих биологически активных соединений – ферментов, витаминов, гормонов и др. Попадая в организм человека в избыточных количествах цинк приводит к появлению раздражительности, ноющим болям в мышцах, тошноте, поражению легких, слизистой оболочки глаз, нарушению вкусовых ощущений.

Изучение накопления цинка в растениях является важным для получения полноценной сельскохозяйственной продукции. Наряду с тем, что 55 % пахотных и 52 % улучшенных сенокосных и пастбищных земель в Беларуси слабо обеспечены цинком, выявлено 179 тыс. га с избыточным содержанием подвижных форм этого металла [1].

Для наших исследований была выбрана дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком. В эксперименте участвовали различные по сельскохозяйственному назначению культуры: горохо-овсяная смесь, яровая пшеница, яровая тритикале, картофель. При закладке мелкоделяночного опыта были созданы различные уровни загрязнения почвы цинком

(табл.1), медью, кадмием и свинцом. Общая площадь делянки в опыте была 1,44 м², учетная 1 м², повторность вариантов четырехкратная. В данной работе мы рассмотрим только результаты, полученные при возделывании яровой тритикале сорта Лана (норма высева семян 5 млн/га) на почвах, загрязненных цинком [2, 3].

В результате исследований были получены следующие данные. На первом и втором (8,99–35,5 мг/кг подвижного Zn в почве) уровнях загрязнения почвы наблюдалось некоторое увеличение урожайности и содержания в зерне белка по сравнению с незагрязненным фоном (табл.1). Этот результат подтверждает, что цинк в небольших концентрациях является очень важным микроэлементом для растений.

Таблица 1. Влияние уровней загрязнения почвы Zn на урожайность яровой тритикале

Варианты опыта	Содержание подвижных форм Zn в почве, мг/кг	Содержание Zn в зерне, мг/кг	Урожайность, г/м ²	Содержание белка в зерне, в % на сухое вещество
1. Фон (N ₆₀ P ₅₀ K ₉₀)	5,12	11,13	404	13,16
2. Zn 70	8,99	22,96	416	13,27
3. Zn 100	35,50	49,73	430	13,48
4. Zn 200	66,80	60,22	384	12,92
5. Zn 300	110,70	66,39	352	12,24
6. Zn 450	222,28	87,64	339	12,09
НСР ₀₅	0,14	0,89	2,9	0,08
ОДК и МДУ	10	50	–	–

При дальнейшем увеличении загрязнения почвы цинком начало проявляться токсическое действие этого ТМ: урожайность и содержание белка значительно снижались. Так, на максимальном уровне загрязнения почвы цинком урожайность, по сравнению с фоном, снижалась на 16 %, а содержание белка в зерне – на 6 %. Уже при содержании подвижного цинка в почве более 35,5 мг/кг невозможно было получить незагрязненную продукцию, а на максимальном уровне загрязнения накопление цинка в зерне в 1,8 раз превышало МДУ.

Одной из целей нашего эксперимента было выявить, как различные уровни содержания цинка могут повлиять на качественные показатели сельскохозяйственной продукции. В частности, на аминокислотный состав белка зерна яровой тритикале (табл. 2).

В результате исследований были получены следующие данные: загрязнение цинком на первых двух уровнях (до 35,5 мг/кг подвижной формы в почве) несколько улучшило показатели качества белка в зерне яровой тритикале, однако, при дальнейшем увеличении концентрации подвижного цинка в почве содержание аминокислот в зерне значительно снижалось; на максимальном уровне загрязнения почвы цинком (222,28 мг/кг подвижной формы) в зерне существенно снизилось содержание глутаминовой кислоты (на 32,3 %), гистидина (на 22 %), изолейцина (на 21 %), фенилаланина (на 13,3 %). Содержание пролина, аланина, валина, лейцина и тирозина уменьшилось в среднем на 10 %, а аспарагиновой кислоты, аргинина, глицина, лизина – в среднем на 8 %. На содержание треонина и серина высокие концентрации цинка в почве не оказали существенного влияния.

Таблица 2. Аминокислотный состав белка (в % на сухое вещество)

АК	1. Фон	2. Zn 70	3. Zn 100	4. Zn 200	5. Zn 300	6. Zn 450
Лизин	0,50	0,51	0,49	0,49	0,47	0,46
Гистидин	0,32	0,34	0,32	0,31	0,28	0,25
Аргинин	0,53	0,55	0,53	0,52	0,51	0,49
Аспараг. к-та	0,68	0,68	0,69	0,67	0,63	0,62
Треонин	0,43	0,44	0,44	0,42	0,42	0,41
Серин	0,57	0,59	0,58	0,56	0,56	0,54
Глутам. к-та	2,20	2,19	2,36	2,09	1,97	1,49
Пролин	1,00	1,00	1,02	1,01	0,94	0,91
Глицин	0,40	0,41	0,41	0,39	0,38	0,37
Аланин	0,29	0,32	0,32	0,31	0,28	0,26
Валин	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,36
Изолейцин	0,19	0,22	0,22	0,20	0,19	0,15
Лейцин	0,88	0,91	0,88	0,88	0,86	0,80
Тирозин	0,48	0,49	0,49	0,47	0,45	0,43
Фенилаланин	0,83	0,85	0,78	0,76	0,75	0,72

Таким образом, в результате проведения исследований были сделаны следующие выводы:

1. Высокий уровень загрязнения почвы цинком оказал негативное влияние на урожайность всех культур, изучаемых в опыте, однако, в разной степени. По результатам исследований мы расположили изучаемые в опыте культуры в следующие ряды:

- **по накоплению цинка в растениях:** картофель < яровая пшеница < яровая тритикале < горохо-овсяная смесь;

- **по чувствительности к высоким концентрациям цинка в почве:** горохо-овсяная смесь < картофель < яровая тритикале < яровая пшеница.

Как оказалось, и по способности накапливать цинк, и по чувствительности к этому элементу яровая тритикале заняла третье место среди изучаемых в опыте культур.

2. При содержании цинка не более 35,5 мг/кг подвижной формы в почве показатели качества белка в зерне яровой тритикале улучшились относительно фонового уровня. Однако, при дальнейшем увеличении концентрации подвижного цинка в почве содержание аминокислот в зерне значительно снизилось. Так, на максимальном уровне загрязнения почвы цинком (222,28 мг/кг подвижной формы) в зерне существенно снизилось содержание глутаминовой кислоты (на 32,3 %), гистидина (на 22 %), изолейцина (на 21 %), фенилаланина (на 13,3 %).

Таким образом, одним из условий получения качественной и безопасной сельскохозяйственной продукции является нормирование содержания в ней ТМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. К а л ь, М. Н. Приемы снижения накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах на загрязненных почвах / Каль М. Н., Цыганов А. Р., Вильдфлуш И. Р. // Информационный бюллетень №6(38). – Мн.: БЕЛНИЦ «Экология», 2002. – 44 с.

2. Ш а г и т о в а, М. Н. Фитотоксичность тяжелых металлов/ М. Н. Шагитова // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений в современных условиях». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 225–229.

3. Ш а г и т о в а, М. Н. Влияние тяжелых металлов на жизнедеятельность растений / М. Н. Шагитова // Управление питанием растений и почвенным плодородием: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А. А. Каликинского, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного работника высшей школы БССР / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; ред. кол. И. Р. Вильдфлуш (отв. ред.) [и др.]. – Горки, 2016. – С. 143–145.

СОДЕРЖАНИЕ

Персикова Т. Ф., Курганская С. Д., Валеяша Е. Ф., Поддубный О. А. Жизненный путь, достойный уважения (к 90-летию со дня рождения Анны Ивановны Горбылевой)	3
Титова В. И. О связи времен в наших учителях.....	5
Цховребов В. С. Жизненный и творческий путь профессора Тюльпанова Вадима Ивановича	7
ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА. УПРАВЛЕНИЕ ПОЧВЕННЫМ ПЛОДОРОДИЕМ	
Абрамова Т. В. Изменение состава и pH промывных вод при внесении биоугля в органогенный горизонт дерново-подзолистой супесчаной почвы.....	10
Азаренок Т. Н., Шульгина С. В., Шибут Л. И., Матыченкова О. В., Матыченков Д. В. О направленности трансформации органогенных почв Беларуси	12
Азарова М. Ю., Письменная Е. В. Анализ влияния традиционной обработки почвы на состояние почвенного покрова в засушливой зоне Ставропольского края (на примере АО «Агрохлебопродукт» филиал «Агрокевсалинский»)	14
Алешина Н. И., Гейфе И. В. Изменение физических свойств почв под влиянием орошения сточными водами.....	16
Бекузарова С. А., Датиева И. А. Клевер как биоиндикатор загрязненных почв	19
Бойцова Л. В., Непримерова С. В., Зинчук Е. Г. Влияние минералогического состава агродерново-подзолистых почв на депонирование органического углерода в их профиле.....	22
Боронтов О. К., Косякин П. А., Манаенкова Е. Н. Влияние обработки почвы и удобрений на структурное состояние чернозема выщелоченного в паропропашном севообороте ЦЧР	24
Буряков В. А., Рамазанова Р. Х., Найманова Б. Ж. Мониторинг внутрипольной вариабельности основных агрохимических показателей черноземов южных карбонатных почв хозяйства в ТОО «Новосёлвка» Шортандинского района Акмолинской области	26
Воеводина Л. А. Изменение свойств чернозема южного длительно орошаемого при переходе в залежное состояние	29
Гармаш О. И. Создание экологического поселения как центра ведения альтернативного земледелия.....	31
Горбунова Н. С., Кулькова Е. В. Свинец в системе почва – растение при длительном применении удобрений и мелиорантов в условиях полевого опыта в каменной степи	33
Гусева И. А., Гордеева К. А. Влияние модифицированного пироугля на морфометрические показатели тепличных культур	35
Дедов А. В., Несмеянова М. А. Севооборот как один из приемов управления почвенным плодородием	36
Дубына А. М., Тимров А. А., Ткаченко В. П. Почвы Украины: проблемы обеспечения, сохранения и восстановления архивной информации.....	39
Дудченко, К. В., Петренко Т. М., Дацюк М. М., Флинта Е. И. Влияние режима орошения риса на солевой баланс почв	42
Дудченко Е. В. Влияние длительного выращивания риса на солевой режим почв степной зоны Украины	44
Дыдышко С. В., Азаренок Т. Н., Шульгина С. В. Оценка гумусного состояния дерново-палево-подзолистых почв Оршанско-Мстиславского почвенно-экологического района	46
Евстратова Л. П., Тимейко Л. В., Дубина-Чехович Е. В. Повышение плодородия длительно используемых мелиорированных торфяных почв в условиях Карелии.....	49
Иванова Н. Н., Иванов Д. И. Влияние предпосевной обработки почвы и способов посева на урожайность чечевицы.....	51
Каргин В. И., Сальникова А. В. Изменение запасов гумуса в пашне на территории Республики Мордовия	55
Кириянов А. Ю., Фокин Р. В. Плодородие почвы как фактор продовольственной безопасности УИС, проблемные вопросы и пути их решения	59
Колесникова И. Я. Оценка влияния птичьего помета на состояние грибных комплексов дерново-подзолистых почв	61
Коржов С. И., Трофимова Т. А. Действие растительных остатков на почвенные микроорганизмы	63
Кротов Д. Г., Самсонова В. П., Кондрашкина М. И., Дядькина С. Е. Оценка распределения Cs-137 и природных радионуклидов в пахотном горизонте почв опольных ландшафтов	65
Курганская С. Д. Агрохимический мониторинг пахотных почв филиала «Дворец» ОАО «СГЦ «Заречье» Рогачевского района Гомельской области	67
Латыпова Л. И., Гиниятуллин К. Г., Смирнова Е. В. Агрохимические показатели постагrogenных светлосерых лесных почв (Gleyic Phaeozems Albic) Предкамья Республики Татарстан	69
Леднев А. В. Влияние нефтяного загрязнения на степень подвижности элементов минерального питания в дерново-подзолистой почве	71
Леднев А. В. Основные агроприемы по биологической рекультивации нарушенных дерново-подзолистых почв	74
Лимонт А. С. Структура агроландшафтов полесья Украины и производство льна-долгунца	76
Лифаненкова Т. П., Бижев Р. В. Влияние систематического применения удобрений на продуктивность пашни и плодородие чернозема обыкновенного	79
Мажайский Ю. А., Черникова О. В. Использование органических и минеральных удобрений для восстановления плодородия основных типов почв	83
Мазиров М. А., Матюк Н. С., Полин В. Д. Изменение содержания и запасов гумуса при длительном воздействии природных и антропогенных факторов	85
Макаров В. И., Исапов А. Н. Влияние плодородия почв Удмуртии на урожайность полевых культур (на примере земель АО «Учхоз Июльское ИжГСХА»)	87
Макарычев С. В., Чепуштанов С. А. Характеристика природно-ресурсного потенциала на примере Третьяковского района Алтайского края с целью его использования и охраны.....	89
Мамеева В. Е. Оценка степени антропогенного воздействия на агроценозы с помощью биоиндикации.....	92
Матыченков Д. В., Шибут Л. И., Азаренок Т. Н., Матыченкова О. В., Шульгина С. В. Подбор оптимальных севооборотов в информационной системе учета динамики и прогноза свойств отдельных компонентов почвенного покрова	94

Минакова О. А., Александрова Л. В. Радиоактивные элементы в черноземе выщелоченном при длительном применении удобрений в лесостепи ЦЧР РФ	96
Минат В. Н. Влияние характеристик почв на результаты оценки пахотных земель	99
Мыслыва Т. Н., Белявский Ю. А. Геостатистический анализ пространственного распределения агрохимических свойств почв земель сельскохозяйственного назначения	101
Надточий П. П., Рыжук С. Н. Буферные свойства дерново-подзолистых и серых лесных почв полесья – критерий оценки устойчивости агроэкосистем	103
Наими О. И. Плодородие чернозема при внесении соломы	106
Неведров Н. П., Проценко Е. П., Балабина И. П. Гумусовый геохимический барьер в почвах Курска: диагностика, оценка и прогнозирование	109
Никифорова А. М., Фаизова В. И., Марьин А. Н., Лысенко В. Я., Умаров А. Б. Влияние антропогенного фактора на изменение агрохимических показателей чернозема обыкновенного Ставропольской возвышенности	111
Никифорова А. М., Фаизова В. И., Новиков А. А., Калугин Д. В. Сезонная динамика численности микроорганизмов в черноземе обыкновенном целины и пашни	112
Николаев В. А., Щигрова Л. И. Влияние разных приемов основной обработки дерново-подзолистой почвы на ее сложение и урожайность ячменя	114
Осипов А. В., Швец Т. В., Власенко В. П., Суминский И. И. Влияние различных технологий возделывания полевых культур на плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья	117
Панасин В. И., Вихман М. И., Чечулин Д. С. Актуальные вопросы оптимизации агрофизических и агрохимических свойств почв	120
Персикова Т. Ф., Парёва М. В. Влияние последствия куриного помёта на урожайность, качество семян горчицы белой и баланс элементов питания дерново-подзолистой почвы	122
Просянкин Е. В. Гумусное состояние легких почв естественных и аграрных экосистем Восточного Полесья	124
Проценко Е.П., Неведров Н. П., Смицкая Г. И. Аккумулирующая способность культурных растений по отношению к нитратам в условиях градиентного загрязнения	127
Резник С. В., Гавва Д. В. Численность ногохвосток и панцирных клещей в черноземах типичных разного использования юго-восточной лесостепи Украины	129
Резниченко В. П., Васильковська К. В., Ковалев Н. Н. Возобновление агроэкологических свойств почв и создания энергетической независимости комплексов АПК	131
Рябцева Н. А., Власенко Б. К. Влияние способов обработки почвы на плотность сложения и строение пахотного слоя в посевах подсолнечника	133
Свищева Я. А. Использование разнородных ассоциатов для исследования структуры гумусовых кислот	135
Слюсарев В. Н., Осипов А. В., Парашенко В. Н., Чижигов В. Н. Состояние плодородия перегнойно-глеевых почв современной дельты Кубани при выращивании риса	138
Станилевич И. С. Влияние содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на урожайность и качество зерна яровой тритикале	140
Стекольников К. Е. Органическое земледелие и деградация чернозёмов	142
Сюрис А. С. Восстановление и повышение плодородия среднеэродированного обыкновенного чернозема при использовании соломы и компоста	145
Тихоненко Д. Г., Новосад К. Б., Дегтярев Ю. В. Трансформация показателей плодородия деградированных черноземов типичных востока лесостепи Украины при залужении и залеснении	147
Топольный Ф. Ф., Трыкнина Н. Н. Как формируются оподзоленные почвы	149
Трофимова Т. А., Коржов С. И. Плодородие чернозема выщелоченного при минимализации основной обработки почвы	151
Труфанов А. М., Щукин С. В. Влияние агротехнических приемов на численность дождевых червей в почве	154
Тюлькин А. В., Басманова Е. С. Адаптивно-ландшафтная система земледелия как фактор повышения плодородия почв	157
Уланов А. К. Изменение содержания гумуса каштановой почвы при систематическом внесении удобрений в сухой степи Бурятии	158
Ускова Н. В., Усков А. В. Агроэкологическая оценка влияния различных систем удобрения на гумусовое состояние почвы и урожай озимой ржи в длительном полевом опыте	161
Устинова А. М., Цырибко В. Б., Логачёв И. А. Перераспределение ¹³⁷ Cs под влиянием эрозийных процессов ..	163
Фаизова В. И., Цховребов В. С., Никифорова А. М., Лысенко В. Я., Умаров А. Б., Джандаров А. Н. Влияние антропогенного фактора на динамику содержания подвижного фосфора в черноземе южном Центрального Предкавказья ..	165
Фаизова В. И., Цховребов В. С., Никифорова А. М., Калугин Д. В. Влияние распашки черноземов выщелоченного и южного на численность микромицетов	166
Федотов Г. Н., Шалаев В. С., Батырев Ю. П. Послеуборочное дозаривание семян и токсикоз почв	168
Федотов Г. Н., Шалаев В. С., Батырев Ю. П. Токсикоз почв и стимуляция развития растений гуминовыми веществами	171
Фомина М. Ю., Неведров Н. П., Окунева А. А. Влияние сорбента тяжёлых металлов на некоторые свойства загрязнённых почв	173
Цховребов В. С., Фаизова В. И., Калугин Д. В., Никифорова А. М. Изменение численности азотпреобразующих микроорганизмов чернозема выщелоченного в результате последствия внесения горных пород	175
Цховребов В. С., Умаров А. Б., Джандаров А. Н. Основные проблемы плодородия почв Ставропольского края ..	177
Цховребов В. С., Кукушкина В. В., Калугин Д. В., Лысенко В. Я., Умаров А. Б. Влияние реминерализации чернозёма выщелоченного на содержание подвижного фосфора	180
Цырибко В. Б., Устинова А. М., Логачёв И. А. Влияние эрозийных процессов на состояние агрофизических свойств	183
Цыркунова О. А. Микробиологические показатели почвы в зависимости от доз удобрений	184
Черепухина И. В., Безлер Н. В. Использование соломы зерновых культур и <i>Humicola fuscoatra</i> для поддержания и восстановления почвенного плодородия	186

Чиков В. И. Восстановление плодородия почв должно начинаться с увеличения массы корневой системы растений	188
Чуйко С. Р., Чирик А. Д. Влияние промежуточных культур на биологическую активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы	191
Шеуджен З. Р., Зайцева Я. В. Качественное состояние земель сельскохозяйственного назначения в Краснодарском крае как фактор, влияющий на их стоимость	192
Шеуджен З. Р. Опыт внедрения гис-технологий применяемых при оценке качества почв в Краснодарском крае	194
Шибут Л. И., Азаренок Т. Н., Матыченкова О. В., Шульгина С. В., Матыченков Д. В., Дыдышко С. В. Современное агроэкологическое состояние почвенного покрова пахотных земель Мстиславского района Могилевской области	195
Шостек Р. П., Цецько З. Влияние загрязнения почвы фтором на содержание аминокислот в надземной массе фацелии и в первом укосе люцерны	197
Шульгина С. В., Азаренок Т. Н., Матыченкова О. В., Шибут Л. И., Матыченков Д. В. Показатели генетического потенциала плодородия почв Беларуси	202
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ АГРОХИМИИ И ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ	
Алимбекова Б. Е. Урожайность продуктивности сахарной свеклы при внесении различных доз фосфорных удобрений в бессменном посеве	205
Барбасов Н. В. Агроэкономическая оценка применения микро- и комплексных удобрений при возделывании ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	207
Безлер Н. В., Петюренко М. Ю. Взаимодействие аборигенных бактерий рода <i>Pseudomonas sp.</i> , фиксирующих азот, с микробным сообществом филлопланы сахарной свеклы	209
Билтуев А. С., Чирипов А. В., Цыдыпов Б. Д. Влияние условий минерального питания и сроков посева на полевую всхожесть и урожайность зерна овса в сухой степи Бурятии	213
Бирюкович А. Л., Пастушок Р. Т. Применение минеральных удобрений на луговых травостоях	215
Блохина Е. А. Продуктивность поздних посевов сорго сахарного в зависимости от условий питания в северо-восточной части Беларуси	217
Богдевич И. М. Проблема фосфора в земледелии Беларуси	219
Бортник Т. Ю., Башков А. С. Продуктивность севооборота и окупаемость систем удобрений в длительном полевом опыте	222
Бугрей И. В. Эффективность применения биопрепаратов в посевах гороха	224
Будько А. С., Урбан Э. П. Влияние уровня интенсификации технологии возделывания на урожайность сортообразцов озимой мягкой пшеницы	227
Варламова Л. Д. Исследование эффективности применения порошка яичной скорлупы в качестве мелиоранта на столовой свёкле	230
Ветчинников А. А., Анциферова Д. В. Влияние различных концентраций удобрения «Растворин» на морфометрические параметры и урожайность салата сорта «Мама Мия», выращиваемого методом аэропоники	232
Вильдфлуш И. Р., Мишура О. И., Чуйко С. Р. Влияние новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество зерновых культур	235
Воробьева Л. А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и накопление ¹³⁷ Cs сельскохозяйственными культурами, возделываемыми на легких песчаных почвах	238
Воробьев В. А., Гаврилова Г. В., Пестерникова И. И., Иванов И. Н. Деградиционные процессы в калийном состоянии хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв при их интенсивном использовании	240
Воробьев В. Б., Ласточкина С. И. Баланс гумуса в посевах озимой пшеницы, возделываемой на дерново-палево-подзолистой легкосуглинистой почве при разных уровнях ранневесеннего запаса минерального азота	242
Выюгин С. М., Выюгина Г. В. Совершенствование технологий возделывания яровой пшеницы сорта Любава в условиях Смоленской области	245
Ганичева А. В., Ганичев А. В. Математическая модель системы в растениеводстве	247
Гетманенко В. А. Коэффициенты использования элементов из различных форм органоминеральных удобрений на основе осадков сточных вод	249
Гринько А. В., Кулыгин В. А. Эффективность применения удобрений при возделывании яровых зерновых культур в условиях Ростовской области	251
Громолик А. И. Влияние длительного применения удобрений в зернопаропропашном севообороте на основные показатели гумусового состояния черноземов выщелоченных	253
Дёмин Е. А. Нитрификация пахотного чернозема под пропашными и зерновыми культурами в Западной Сибири	255
Дубинкина Е. А., Беляев Н. Н. Влияние обработки семян сои инокулянтами на повышение эффективности микробиологических удобрений	257
Жарких О. А., Дмитриевская И. И., Белопухов С. Л. О перспективах использования биопрепаратов на прядильных культурах	260
Захаров Н. Г., Касимов И. Р., Пятова А. А. Эффективность известкования чернозема выщелоченного при возделывании яровой пшеницы в условиях Ульяновской области	261
Зыкова Ю. Н., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Роль почвенных бактерий в улучшении жизнедеятельности растений	264
Елисеев И. П., Елисеева Л. В., Каюкова О. В. Оптимизации питания растений за счет внесения нетрадиционных удобрений	266
Иванова О. М. Минеральное питание кукурузы на зерно в условиях Тамбовской области	268
Ионас Е. Л. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность, урожайность и качество картофеля сорта Манифест	270
Ионас Е. Л., Кирикович А. Э. Сортовая отзывчивость картофеля сорта Вектар на внесение новых форм комплексных удобрений	273
Казначеева И. Н. Отзывчивость отечественных и зарубежных образцов льна-долгунца на применение азотных удобрений	274
Калинчук В. В. Влияние разных систем удобрения на урожайность риса при капельном орошении в условиях южной части степи Украины	276

Камасин С. С., Мирончиков И. К., Тернов Е. В. Компьютерные программы по оптимизации норм NPK в системах точного земледелия.....	278
Карпиченко А. А. Накопление тяжелых металлов в растительности пригородной зоны.....	280
Кислинская Е. Г., Безлер Н. В., Сумская М. А. Влияние спорообразующих аэробных бактерий (<i>Bacillus subtilis</i> 20, 17(8)) на проростки сахарной свеклы.....	283
Ковалева И. В., Булак Т. В. Рефрактометрический метод в агрохимическом анализе.....	284
Коготько Ю. В. Влияние инкрустации семян проса микроэлементами, бактериальными препаратами и регуляторами роста на урожайность зерна и его структурные показатели.....	286
Косякин П. А. Сахаристость, сбор сахара и урожайность сахарной свёклы в зависимости от применения полихелатных микроудобрений в ЦЧР.....	289
Курындин А. В. Влияние систем обработки почвы и удобрений, звеньев севооборота на показатели роста и развития при возделывании новых перспективных гибридов сахарной свеклы.....	291
Кротов Д. Г., Чекин Г. В. Изменение содержания минерального азота в почве при внесении жидкого аммиака....	293
Крылов В. А. Эффективность применения биомодифицированных удобрений при возделывании кукурузы на силос.....	295
Кузданова Р. Ш. Продуктивность продовольственного картофеля при применении биоудобрений на темно-каштановых почвах Центрального Казахстана.....	296
Лапа В. В. Перспективы повышения плодородия почв и эффективности применения удобрений в Республике Беларусь.....	298
Лапшина И. Ю., Никифорова С. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность люпина белого в условиях лесостепи Поволжья.....	301
Ласточкина С. И. Накопление азота в зерне, соломе и растительных остатках озимой пшеницы при разных планируемых ранневесенних запасах минерального азота в дерново-палево-подзолистой легкосуглинистой почве.....	304
Лопушняк В., Якубовский Т., Грицуляк Г. Удобрение осадком сточных вод как фактор повышения продуктивности клубней топинамбура.....	306
Лужинская Н. А., Куделко В. Н. К вопросу об эффективности применения некорневой подкормки азотом на посевах гречихи.....	308
Маградзе Е. И., Попова Т. И. Оценка эффективности использования разработанного бактериального удобрения при пересадке растений в торфяно-песчаную смесь после микроклонирования на примере сортов сирени обыкновенной «Небо Москвы» и «Лунный свет».....	310
Малашевская О. В., Вильдфлуш И. Р. Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество семян полевого гороха.....	311
Милюткин В. А., Буксман В. Э. Высокоэффективные технологии и сеялки для посева с одновременным внесением жидких и твердых минеральных удобрений.....	313
Милюткин В. А., Савельев Ю. А., Толпекин С. А., Перфилов А. А., Буксман В. Э. Актуальность почвообрабатывающе-удобрительных агрегатов с большеобъемным туковым бункером.....	316
Милюткин В. А., Толпекин С. А., Буксман В. Э. Специальное оборудование опрыскивателей для внесения жидких минеральных удобрений.....	319
Мишура О. И., Вильдфлуш Е. И. Эффективность применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании клевера лугового.....	321
Михалина А. Д., Хорошилов А. А., Фролова С. А. Применение минеральных кремниевых удобрений в растениеводстве.....	323
Мохова Е. В., Поддубная О. В., Мирончикова И. В. Влияние некорневых подкормок комплексными удобрениями на основе микроэлементов на урожайность и качество клубней картофеля разных сроков созревания.....	326
Мурзова О. В., Вильдфлуш И. Р., Войтов С. С. Динамика роста и накопления биомассы растениями овса в зависимости от применения новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста.....	328
Мурзова О. В. Влияние новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и структуру урожая голозерного овса.....	330
Никифоров В. М., Никифоров М. И., Силаев А. Л., Чекин Г. В., Смольский Е. В., Нечаев М. М. Применение полифункциональных хелатных комплексов при возделывании озимых зерновых культур.....	332
Новик Г. А., Попова М. П., Зотова Г. С. Влияние препарата фитовитал на товарные качества земляники садовой.....	334
Осипова Л. В., Курносова Т. Л., Быковская И. А. Оптимизация минерального питания ярового ячменя в неблагоприятных условиях выращивания.....	336
Панасин В. И., Рымаренко Д. А., Вихман М. И., Чечулин Д. С. Агрохимические аспекты эффективности известкования в условиях Калининградской области.....	337
Поддубная О. В., Симанков О. В. Потенциальная продуктивность почв и оптимизация питания ячменя.....	339
Поддубный О. А., Поддубная О. В. Некорневые подкормки как фактор оптимизации питания сельскохозяйственных культур.....	341
Подольяк А. Г., Карпенко А. Ф. Эффективность применения органических и минеральных удобрений на сельскохозяйственных землях Гомельской области.....	343
Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Симонова О. А. Работа физиолого-генетических систем растений озимой ржи под действием возрастающих доз минеральных удобрений.....	346
Почтовая Н. Л., Исаков А. В. Эффективность применения регуляторов роста при выращивании арбуза.....	348
Почтовая Н. Л., Камедько Т. Н. Оценка эффективности биологической добавки ЕМ1 «Конкур» на кукурузе.....	350
Радкевич М. Л. Микроэлементы как фактор повышения продуктивности люпина узколистного.....	352
Рыспеков Т. Р., Балкожа М. А. Урожайность зерновых культур и проблемы их устойчивости на среднекаштановых почвах Северного Казахстана.....	354
Свиридов А. Н., Свиридова Л. А., Гепенко А. В. Эффективность применения новых форм азотных удобрений при выращивании современных гибридов сорго зернового на черноземах типичных левобережной лесостепи Украины..	356
Скорочкин Ю. П., Воронцов В. А., Макаров М. Р. Динамика применения удобрений в земледелии Тамбовской области.....	359

Снежинский А. А. Использование микробиологического препарата полибакт совместно с гуминовыми препаратами в посевах льна-долгунца	362
Собко Н. Г., Медведь С. И., Захарченко Э. А. Продуктивность озимой пшеницы при внесении азотных удобрений и гумата калия в условиях северо-восточной лесостепи Украины	364
Ткач М. С., Воронюк З. С. Влияние сроков сева и фона минерального питания новых сортов риса на формирование урожая	367
Усков А. В., Вигилянский Ю. М., Серегина И. И. Влияние различных способов внесения селенита натрия на урожай и качество люпина белого	370
Утенбаева Г. А. Влияние удобрений на урожайность рапса в условиях орошения юго-востока Казахстана.....	371
Хакимов Ш. З. Динамика минерального азота в почвах светлых серозёмов в период развития сортов озимой пшеницы.....	374
Халгаева К. Э., Иванкиева М. А., Кравченко Е. А., Дертиева А. В., Валетова В. В. Влияние стимуляторов роста на различных фонах минерального питания на показатели структуры урожайности озимой пшеницы сорта «Алтана» в центральной зоне на светло-каштановых почвах Республики Калмыкии	376
Ханиева И. М., Шогенов Ю. М., Варквасов А. П., Бегидова З. А. Биопрепараты на посевах кукурузы в Кабардино-Балкарской Республике	378
Ханиева И. М., Бозиев А. Л., Касьянов И. М., Бисчоков А. Р., Ханиев Э. Х. Применение микробиологического препарата «Экобактер Терра» на посевах гороха в Кабардино-Балкарской Республике	380
Шагитова М. Н. Влияние цинка на аминокислотный состав белка зерна яровой тритикале	382

Научное издание

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЯ

Материалы Международной научно-практической конференции посвященной, памяти ученых:
Анны Ивановны Горбылевой, Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова

Горки, 18–20 декабря 2018 г.

В двух частях

Часть 1

Редактор *Е. П. Савчиц*
Технический редактор *Т. В. Серякова*
Компьютерный набор и верстка *О. В. Мурзова, А. Ю. Кустов*

Подписано в печать 10.04.2019. Формат 60×84/8. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 45,37. Уч.-изд. л. 37,84.
Тираж 20 экз. Заказ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в ОАО «Типография БГСХА».
Ул. Тимирязева, 10, 213407, г. Горки.



