

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Агроэкологический факультет

Кафедра почвоведения

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Сборник статей
по материалам Международной научно-практической
конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии

Горки, 6–8 декабря 2021 г.

В двух частях

Часть 2

Горки
БГСХА
2022

УДК 631.4(045)
ББК 40.3я73
С56

В. В. Великанов (гл. редактор),
Ю. Л. Тибец (зам. гл. редактора),
Т. Ф. Персикова (отв. за выпуск),
В. В. Копытовский, В. И. Титова, В. С. Цховребов, М. А. Мазиров,
Т. Н. Мыслыва, В. Б. Воробьев, С. Д. Курганская, Е. Ф. Валейша,
О. А. Поддубный, О. В. Мурзова, М. В. Царёва, О. В. Поддубная

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент И. П. Козловская;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Ф. Н. Леонов;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор Б. В. Шелюто

Современные проблемы использования почв и повышения их плодородия : сборник статей по материалам Междуна-
р. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры почвоведения БГСХА : в 2 ч. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия ; редкол.: В. В. Великанов (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2022. – Ч. 2. – 341 с.
ISBN 978-985-882-228-6.

Приведены доклады участников Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

УДК 631.4(045)
ББК 40.3я73

ISBN 978-985-882-228-6 (ч. 2)
ISBN 978-985-882-226-2

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2022

**Секция 4. УСТОЙЧИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО
РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ, РАЦИОНАЛЬНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И СОХРАНЕНИЕ
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ**

УДК 631.412:005.584.1(476.4)

**АГРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПАХОТНЫХ ПОЧВ
ОАО «ОСИНОВСКИЙ-АГРО» ЧАУССКОГО РАЙОНА
МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е. Ф. ВАЛЕЙША, канд. с.-х. наук, доцент,
А. Е. КОТОВА, студентка 5-го курса

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Проведен агрохимический мониторинг пахотных почв ОАО «Осиновский-Агро» между XII и XIII турами обследования, разработаны мероприятия по повышению плодородия и производительной способности пахотных почв хозяйства.

***Ключевые слова:** почва, кислотность, гумус, подвижные соединения калия и фосфора, урожайность, севооборот.*

Важную роль в системе мероприятий по рациональному природопользованию занимает мониторинг земель, который представляет собой систему постоянных наблюдений за их состоянием и изменением под влиянием природных и антропогенных факторов. Информация, получаемая по результатам наблюдений, необходима для своевременного выявления, оценки и прогнозирования изменений, определения эффективности мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв в целях оптимизации землепользования [1, 2, 4].

Важной составляющей общего мониторинга земель является агропочвенный мониторинг, характеризующий изменения качественного состояния почвенного покрова земельного фонда республики в результате сельскохозяйственной деятельности. Наибольший практический интерес представляют показатели, систематически определяемые агрохимической службой на каждом поле и контуре интенсивно используемых земель, один раз в четыре года: степень кислотности (pH_{KCl}), содержание гумуса, обменного магния, подвижных форм фосфора, калия и микроэлементов [3, 5].

Материалы агрохимического обследования почв являются исходной информацией при разработке систем удобрения под сельскохозяй-

ственные культуры, при составлении проектно-сметной документации по известкованию кислых почв, при планировании и разработке защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве на загрязненных радионуклидами землях для получения нормативно чистой продукции.

Агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных земель в Беларуси проводится областными проектно-исследовательскими станциями по химизации сельского хозяйства (ОПИСХ). Научно-методическое руководство по обследованию земель и контроль качества выполнения работ возложены на РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», в котором формируется электронная республиканская база данных агрохимических свойств сельскохозяйственных земель Беларуси. В результате создана возможность для оперативного обеспечения всех пользователей информацией, оценки и прогноза изменений плодородия почв. Расширенное воспроизводство плодородия почв является одной из первостепенных задач земледелия, без решения которой невозможна устойчивость всего агропромышленного комплекса.

В связи с этим основной целью исследований являлось проведение агрохимического мониторинга показателей пахотных почв ОАО «Осиновский-Агро» Чаусского района Могилевской области между турами обследования.

Открытое акционерное общество «Осиновский-Агро» создано на основании решения общего собрания членов сельскохозяйственного производственного кооператива «Колхоз «Осиновский» от 31 мая 2016 г. путем преобразования СПК. Общая площадь земель составляет 6733 га, в том числе: 4306 – пахотные земли, 2,7 га – под постоянными культурами, 1277 га – луговые, под древесно-кустарниковой растительностью – 756 га, 92 га – земли под болотами.

Структура посевных площадей позволяет оценить качественный состав сельскохозяйственных культур и во многом характеризует производственное направление не только растениеводства, но и хозяйства в целом в структуре посевных площадей большую долю занимают кормовые культуры, которые занимают площадь 2082 га, что составляет 47 %. Зерновые и зернобобовые в среднем занимают – 2071 га. На яровые зерновые приходится площади 1273 га, из них ячмень занимает 549 га – 12 % от общей площади. На озимые приходится 859 га, из них на озимую пшеницу 614 га, это 14 %. В 2020 г. в хозяйстве по сравнению с 2018 г. площадь зерновых и зернобобовых культур уменьшилась на 172 га.

Территория ОАО «Осиновский-Агро» расположена на Оршано-Могилевской равнине, в зоне умеренно-климатического климата. Рельеф всей территории хозяйства представляет собой широко-волнистую, холмисто-волнистую равнину с обширными долинами и холмами, преимущественно вытянутой формы.

На территории хозяйства почвообразующие породы представлены следующими генетическими типами: водно-ледниковые, органогенные, аллювиальные. В результате почвенного обследования выделено 7 типов почв, объединяющих 71 почвенные разновидности.

По генетическим типам почвы хозяйства распределились следующим образом: дерново-подзолистые – 2012,5 га, дерново-подзолистые заболоченные – 2507,6 га, дерновые и дерново-карбонатные заболоченные почвы – 272,3 га, аллювиальные дерновые и дерновые заболоченные – 477,9 га, торфяно-болотные: всего – 435,3 га (из них низинного типа – 172,4 га, торфяно-болотные верхового типа (верховые и переходные) – 1,0 га, пойменные (аллювиальные) торфяно-болотные почвы – 261,9 га), антропогенно-преобразованные – 63,3 га.

По гранулометрическому составу почвы хозяйства распределились следующим образом: легкосуглинистые составляют – 204,6 га (3,4 %), связносупесчаные – 453,4 га (7,5 %), рыхлосупесчаные – 3769,7 га (62,2 %), связнопесчаные – 1096,8 га (18,1 %), торфяно-песчаных – 9,1 га (0,2 %), торфяных почв – 435,3 га (7,2 %).

По степени увлажнения в хозяйстве почвы нормального увлажнения (автоморфные) занимают площадь 2157,8га (35,6 %), развиваются они на выровненных повышенных участках и склонах, в условиях свободного поверхностного стока, при достаточно глубоком залегании почвенно-грунтовых вод. Контактно-оглеенные почвы близки по своим свойствам к почвам нормального увлажнения, единственной отличительной особенностью таких почв является наличие оглеения в профиле на контакте с водоупорной породой, как правило, моренным суглинком. Площадь таких почв – 58,6 га (1,0 %).

Агрохимический мониторинг проводился за период между XII и XIII турами обследования. По результатам XII тура агрохимического обследования наибольшую долю в структуре посевных площадей занимали кислые (5,01–5,50) и слабокислые (5,51–6,00) – 25,7 и 39,5 % соответственно. На долю почв со слабощелочной и нейтральной реакцией среды (>7,00 – 6,51–7,00) приходилось 2,0 %, или 84 га и 7,3 %, или 311 га, а почв с близкой к нейтральной реакцией среды (6,01–6,50) содержание было 891 га или 20,8 %. Сильнокислые и среднекислые почвы содержание которых составило (I и II группа <4,00, 4,51–5,00) было 0,7 % и 4,6 % или 30 и 171 га.

К моменту проведения XIII тура наибольшие площади занимали также кислые и слабокислые. Доля кислых почв увеличилась на 11,1 %, а доля слабокислых – снизилась на 4 %. Почвы со слабощелочной, нейтральной и близкой к нейтральной реакцией среды занимали 30 га или 0,7 %, 137 га, или 3,1 % и 690 га, или 35,5 %. Доля почв с кислой реакцией увеличилась (1 группа с 0,7 до 1,0 %, 2 группа с 4,0 до 7,2; 3 группа с 25,7 до 36,8 %). Таким образом, средневзвешенное значение pH_{KCl} в XII туре снизилось с 5,54 до 5,37 в XIII туре.

По результатам XII тура агрохимического обследования наибольший удельный вес занимали почвы с высоким содержанием гумуса (более 3,00 %) 55,3 %, или 1169 га.

Слабообеспеченные гумусом почвы (I–II группа) занимали 2,9 % (63 га), почвы со средним содержанием гумуса (1,51–2,00 %) занимали 8,9 % (189 га); с повышенным содержанием (2,01–2,50 %) – 15,4 %, с высоким содержанием 17,5 % (371 га), все пахотные почвы характеризовались очень высоким содержанием гумуса (>3,0 %) [26].

Средневзвешенное содержание гумуса составило 2,78 %.

К XIII туру удельный вес почв с очень высоким содержанием гумуса почв повысился на 6,2 % (262 га), так как исчезли почвы с очень низким содержанием гумуса (I группа). В то же время увеличилась доля почв со средним содержанием гумуса на 1,8 % или 59 га. Удельный вес почв с высоким и повышенным содержанием гумуса снизился на 3,4 и 1,9 %. Почв с низким содержанием гумуса занимали площадь 40 га или 2 %.

Средневзвешенное содержание гумуса выросло на 0,07 % и составило 2,85 %.

Агрохимический мониторинг показал, что за период между турами обследования произошли некоторые изменения в структуре посевных площадей по степени обеспеченности почв подвижным фосфором. Наибольший удельный вес в XII туре занимали почвы со средним (101–150 мг/кг) и повышенным (151–250 мг/кг) содержанием подвижного фосфора – 26,2 % или 1122 га и 27,0 % или 1162 га соответственно. На долю слабообеспеченных (I–II группа) фосфором почв приходилось 18,1 %, или 774 га и 11,6 %, или 49,6 га. Почвы с высоким содержанием подвижных соединений фосфора занимали 14,4 %, или 617 га, а 117 га (2,7 %) были отмечены с очень высоким содержанием подвижного фосфора. К XIII туру доля пахотных почв со средним и повышенным содержанием подвижных соединений фосфора увеличилась – соответственно на 2,2 %. Доля пахотных почв слабообеспеченных соединениями фосфора (I и II группа) уменьшилась 7 и 9 %. Почвы с высоким и очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора увели-

чилились на 8,7 и 5,1 %. Поэтому средневзвешенное значение составило 194 мг/кг почвы. Таким образом, агрохимический мониторинг пахотных почв хозяйства показал, что за период между турами обследования, средневзвешенное значение подвижных соединений фосфора увеличилось на 45 мг/кг почвы и составило 194 мг/кг почвы.

По результатам XII тура агрохимического обследования наибольшую долю в структуре посевных площадей занимали почвы с низким (81–140 мг/кг) и средним (141–200 мг/кг) содержанием подвижных соединений калия – 43,0 и 26,9 % соответственно. На долю почв с высоким (301–400 мг/кг) содержанием калия приходилось 2,8 %, или 118 га, а почв с избыточным (> 400 мг/кг) содержанием подвижного калия было 68 га, или 1,6 %. Среднеобеспеченные калием почвы (IV группа 201–300 мг/кг) было 11,2 % и или 479 га. Почвы с очень низким содержанием подвижных соединений калия занимали площадь 622 га или 14,5 %.

К XIII туру агрохимического обследования почвы с низким содержанием подвижных соединений калия уменьшилась на 210 га и составило 1638 га или 37,2 %. Почвы со средним содержанием наоборот повысилась на 174 га и составила 1327 га или 30,2 %.

Доля почв с повышенным и высоким содержанием подвижных соединений подвижного калия повысились на 192 и 22 га, что составило 671 га, или 15,3 % и 140 га, или 3,2 %, а площадь с очень низким содержанием подвижных соединений калия составила 597 га, или 13,6 %.

Таким образом, за период между турами обследования, средневзвешенное значение подвижных соединений калия увеличилось с 132 мг/кг в XII туре до 138 мг/кг в XIII туре, что почти соответствует его оптимальному значению для данной разновидности почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.
2. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевича [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 276 с.
3. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевича [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 275 с.
4. Качественная оценка (бонитировка) почв: метод. указания / Т. Ф. Перскова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 42 с.
5. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.

**КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПАХОТНЫХ
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ
ОАО «КРИЧЕВРАЙАГРОПРОМТЕХНАБ» КРИЧЕВЧСКОГО
РАЙОНА В ПРОЦЕССЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Е. Ф. ВАЛЕЙША, канд. с.-х. наук, доцент
В. В. ЛЕБЕДЕВА, студентка

УО «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Проведена качественная оценка пахотных дерново-подзолистых почв ОАО «Кричеврайагропромтехнаб» в процессе сельскохозяйственного использования.

***Ключевые слова:** почва, бонитировка, балл, урожайность, севооборот.*

Рациональное использование земельных ресурсов невозможно без значений почвенного покрова территории, его количественного и качественного учета, продуктивности различных почв и уровня их плодородия [1, 3, 4].

Объективное представление об эффективности использования земельных ресурсов в сельском хозяйстве дает количество производимой продукции на единице площади. Основными факторами, влияющими на величину урожая, являются: плодородие почвы, удобрения, и как показывают исследования последних лет, размещение культур по полям с учетом их требований к почвенным условиям, т. е. формирование агроценозов. Исходя из этого, в настоящее время разработана шкала оценочных баллов пахотных почв под различные сельскохозяйственные культуры [4, 5].

Открытое акционерное общество «Кричеврайагропромтехнаб» преобразован в связи с присоединением ОАО «Кричевская райсельхозхимия в 2003 г., а в 2005 г. присоединен СПК «Колхоз «Соц. шлях» Кричевского района. На долю сельскохозяйственных угодий приходится 3620 га, что составляет 79,5 % от общей площади земель. На долю пашни приходится 1315 га, что составляет 67,9 % от общей площади земель и 85,5 % от сельскохозяйственных земель. Сенокосы занимают 834 га, что составляет 5,2 % от общей площади и 6,5 % от сельскохозяйственных земель. Пастбища занимают 214 га, что составляет 5,8 % от общей площади и 7,2 % от сельскохозяйственных земель. Сады занимают 106 га, что составляет 0,6 % от общей площади и 0,8 % от сельскохозяйственных земель. Прочие земли, в состав которых входят дороги, водоемы, постройки и так далее, занимают 161 га, или 20,5 % от общей площади хозяйства. Основными почвообразующими

породами на территории хозяйства являются лессовидные суглинки. Также встречаются органогенные (в виде торфа) и аллювиальные.

На территории хозяйства встречаются 6 типов почв, включающих 68 разновидностей: наиболее распространенный тип почв – дерново-подзолистые, которые занимают всего 2044,8 га и 1762,95 га пашни. Дерново-подзолистые заболоченные занимают всего 1822,4 га и 530,64 га пашни. Дерновые заболоченные занимают всего 75,3 га и 3,05 га пашни. Торфяно-болотные занимают всего 337,8 га. Аллювиальные дерновые и дерновые заболоченные занимают всего 769,4 га и 510,8 га пашни. Антропогенно-преобразованные болотные всего 97,3 га, необследованные занимают 88,8 га.

По гранулометрическому составу наиболее распространены на территории хозяйства легкосуглинистые почвы общей площадью 2813,4 га из них 1762,95 га составляет пашня. Также распространены связносушесчаные общей площадью 1482,8 га из них пашни 237,1 га. Рыхлосушесчаные – 287,1 из них пашни 10,95. Связнопесчаные – 208,3 из них пашни 517,4 га. Рыхлопесчаные – 95,1 из них пашни 285 га. Торфяная – 37,8 га.

Из дерново-подзолистых почв наибольшее распространение получила следующая разновидность: дерново-подзолистая с признаками временного избыточного увлажнения легкосуглинистая почва, развивающаяся на лессовидных суглинках, подстилаемая мореным суглинком с глубины 98 см с прослойкой песка на контакте и относится к высококультуренной почве, так как индекс окультуренности составил 0,91.

По степени кислотности данная почва относится к 5-й группе и составляет 6,2 (близкая к нейтральной). Содержание гумуса в пахотном горизонте составляет – 2,1 % (среднее) относится к 4-й группе. Содержание P_2O_5 в пахотном горизонте составляет 250 мг/кг (повышенное) относится к 4-й группе. Содержание K_2O в пахотном горизонте – 275 мг/кг (повышенное), которое относится к 4-й группе).

Бонитировка почв – сравнительная оценка качества почв по их производительной способности. Для расчета фактического балла использовались поправочные коэффициенты на: климатические показатели (0,98), окультуренность (0,91), генезис почвообразующих пород (1), содержание физической глины (1,009), который составил 45,2. На основании рассчитанных баллов, а также возделываемых в хозяйстве культур составлен севопольный севооборот, в который вошли следующие культуры: ячмень + клевер – клевер, з/м – овес – озимый рапс – вико-овсяная смесь, з/м – озимая пшеница – кукуруза, з/м.

Насыщенность удобрениями в целом по севообороту составила: органическими удобрениями – 14 т/га; минеральными – 156,90 кг/га д. в., что позволит получить урожайность ячмень + клевер – 40,7, клевер (з/м) – 195,6, озимая пшеница – 48,8, овес – 47,1, ВОС – 29,1, яровой рапс – 25, кукуруза з/м – 360,5 ц/га.

Разработанная система удобрений для данного севооборота обеспечит увеличение за ротацию севооборота фосфора до 208 и калия до 243 мг/кг, что соответственно переведет их из третьих групп в четвертые (до разработки системы удобрений фосфора было в почве 204 мг/кг, калия 240 мг/кг).

Расчет экономической эффективности показал целесообразность предложенных мероприятий: условный чистый доход составит 66,52 руб/га, уровень рентабельности – 16,3 %

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.
2. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевича [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 276 с.
3. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевича [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 275 с.
4. Качественная оценка (бонитировка) почв: методические указания / Т. Ф. Персикова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 42 с.
5. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.

УДК 631.4

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭРОДИРОВАННЫХ СКЛОНОВ ГОРНОГО ДАГЕСТАНА

Х. М. ГАМЗАТОВА, канд. биол. наук, ст. преподаватель

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»,
г. Махачкала, Республика Дагестан

Основное свойство почвы – плодородие, зависят от ее химического состава. Рассматриваемые почвогрунты распространены на откосах автодороги Наратюбинского хребта. Возможности хозяйственного использования почвогрунтов лимитированы следующими особенностями: невысокая водоудерживающая способность, низкие опорные функции для растений.

Ключевые слова: горные почвы, откосы, эрозия, химический анализ.

Актуальность темы заключается в ярко выраженной деградации горных склонов, слабом развитии растительности, ухудшении эколого-эстетических норм. Кроме того, горные автодороги подвергнуты осыпно-обвальному разрушению и в настоящее время активно ремонтируются, и прокладываются новые. При этом разрушаются естественные горные ландшафты. Природным системам наносится значительный ущерб.

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что изучение горных склонов, его первичных процессов почвообразования, выявление

ние видового состава пионерных растений и естественных механизмов зарастания представляет теоретический и практический интерес.

Объектом исследования является территория Наратюбинского хребта. Он открывает дорогу в Нагорную часть Дагестана, где расположены практически все районы республики. В то же время данный участок считается сейсмически неблагоприятным, на котором происходят частые обвалы и оползни. Протяженность перевалочного участка составляет 9 км.

Оценку химических показателей осуществляли в верхнем горизонте исследуемых почвогрунтов. Определяли содержание общего азота (по Йодельбауэру); содержание нитратов (салицилат натриевым методом); аммония (с реактивом Неслера); фосфора (по Мачигину); содержание калия (на пламенном фотометре) (Крейер и др., 1992). Все анализы осуществляли в 3-кратной аналитической повторности (Аринушкина 1975). В образцах верхних горизонтов исследуемых почв был проведен химический анализ и оценена обеспеченность этих почв основными элементами минерального питания растений. Результаты приведены в таблице.

Химический анализ во всех в образцах показал, что исследуемая почва содержит низкое количество углерода. Можно предположить, что низкое содержание углерода является последствием негативного воздействия автомобильного транспорта на почвенный покров придорожной полосы.

Содержание общего азота также низкое, почти следовое, что связано с неблагоприятными экологическими условиями в этом районе. Почва плохо обеспечена и подвижными его формами – нитратной аммиачной, что отрицательно влияет на ее плодородие. Следует отметить относительно высокое содержание подвижных форм фосфора, хотя их соотношение показывает слабое течение процесса нитрификации. Высокое содержание калия (292,5 мг/кг) очевидно результат легко выветривавшегося биотита, имеющегося в почве в большом количестве. В целом же на урбанизированной территории за исключением фосфора и калия в исследуемой почве складываются неблагоприятные условия для произрастания и продуктивности растений.

Как показывают результаты из таблицы, во всех образцах рН среда слабощелочная и щелочная. Нарушенная кислотность почвы плохо сказывается, в первую очередь, на недоступность растениям некоторых элементов питания. Практически все образцы не вскипают, результат отсутствия карбонатов.

Агрохимическая характеристика почвогрунтов

Образцы	Углерод органических соединений, (С _{общ})	Гумус	Азот, (N _{общ})	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	P ₂ O ₅ , мг/кг	Содержание К, мг/кг	рН
	%			мг/кг					
1	1,4	1,40	0,06	0,001*±0,01	50,0*±0,028	следы	50*±1,73	250±5,65	7,83
2	1,0	1,78	0,02	0,54±2,46	71,0±3,99	следы	50±4,92	255,5±2,10	7,89
3	2,0	3,56	0,02	0,01±0,06	72,0±0,06	следы	44±0,065	259±6,23	7,63
4	1,8	3,20	0,04	0,09±0,13	86,0±0,11	следы	100±0	265±0,65	7,61
5	1,0	1,78	0,03	0,03±0,78	27,0±0,68	следы	50±0,065	292,5±3,97	7,64
6	1,0	1,78	0,05	0,07±1,23	30,6±0	следы	50±0,65	250,7±1,42	7,34
7	1,6	2,84	0,03	0,10±1,23	48,0±0	следы	46±0,65	269±6,23	7,74
8	1,0	1,78	0,02	0,08±1,23	49,0±0	следы	47±0,65	230±0,65	7,79
9	1,0	1,78	0,01	0,01±1,23	70,6±0	следы	47±0,65	242,5±3,97	7,65
10	1,0	1,78	0,04	0,07±1,23	85,6±0	следы	46±0,65	250,0±1,42	7,66

Примечания. *Повторность трехкратная; ± – доверительный интервал; водн. – водная вытяжка.

Возможности хозяйственного использования почвогрунтов лимитированы следующими особенностями: невысокая водоудерживающая способность, низкие опорные функции для растений, высокая щебнистость и др. Склоны со слабой растительностью и неустойчивой литологией подвержены разрушениям. На основании проведенного анализа, можно заключить, что, с позиции биоинженерных подходов, в закреплении откосов автодорог важен подбор пионерных видов, соответствующих определенным условиям грунта, с учетом экспозиции склона, крутизны и высоты над уровнем моря. В этих целях особо значимы древесно-кустарниковые растения, с мощной и глубокой корневой системой, что позволяет лучше закреплять откосы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко, Ю. М. Картофель – важнейшая продовольственная и кормовая культура / Ю. М. Лысенко, А. А. Смирнов // Кормопроизводство. – 1998. – № 9. – С. 29–31.
2. Гамзатова, Х. М. О биоразнообразии горных почв Дидойской депрессии горного Дагестана / Х. М. Гамзатова // Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию д-ра биол. наук РФ Залибекова Залибека Гаджиевича, 27–29 мая 2014. – Махачкала, 2014. – С. 65–70.
3. Залибеков, З. Г. Почвенное разнообразие и современные проблемы его изучения / З. Г. Залибеков // Аридные экосистемы. – 2006. – Т. 6. – № 13. – С. 27–36.
4. Залибеков, З. Г. Почвы Дагестана / З. Г. Залибеков. – М., 2010. – 243 с.

УДК 631.445.4:631.82

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ГУМАТА КАЛИЯ НА ВОДНЫЙ И ПИЩЕВОЙ РЕЖИМ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА

А. П. ЕРЯШЕВ, д-р с-х. наук, профессор,
С. В. КУДАШКИНА, канд. с.-х. наук,
А. А. ТАБУНКОВА, магистр
«Мордовский гос. Университет имени Н. П. Огарева»,
г. Саранск, Российская Федерация

П. А. ЕРЯШЕВ, канд. экон. наук, менеджер-консультант
ООО «Инфо-контент»,
г. Саранск, Российская Федерация

В условиях Республики Мордовия на черноземах выщелоченных минимальный коэффициент водопотребления (161), наибольший расход подвижного фосфора (17,9 мг/кг почвы) и обменного калия (27,6 мг/кг почвы) было при внесении удобрений $N_{90}P_{90}K_{90}$ и гумата калия под предпосевную культивацию + обработка семян + в фазу кущения + колошения + молочной спелости зерна ячменя многорядного.

Ключевые слова: многорядный ячмень, водопотребление, подвижный фосфор, обменный калий.

Новые высокопродуктивные сорта многорядного ячменя стали внедряться в производство, поэтому в условиях конкретного региона целесообразно совершенствовать их технологию возделывания (Саулин А. А., 2012).

В теоретическом и в практическом плане большая роль отводится применению оптимальных доз удобрений и гумата калия. В связи с этим актуальное и важное значение для современного сельскохозяйственного производства имеет рассматриваемая тема.

Целью исследования ставилось теоретическое обоснование формирования высокопродуктивного агроценоза многорядного ячменя. Задача исследований – определение водопотребления и динамики подвижного фосфора и обменного калия в почве при различных фонах минерального питания и гумата калия на урожайность многорядного ячменя.

Полевые опыты проводились в учебно-опытном хозяйстве Мордовского государственного университета имени Н. П. Огарева по схеме приведенной в табл. 1. Закладка опытов выполнялась в четырехкратной повторности в 2010, 2011, 2012 гг. при систематическом размещении делянок. В опыте делянки первого порядка имели площадь 112 м² (28×4 м), а второго – 16 м² (4×4 м). В качестве удобрения использовали азофоску (16:16:16), внесенную под основную обработку почвы, а гумат калия, согласно схеме опыта.

Таблица 1. Динамика коэффициента водопотребления от доз удобрений и гумата калия (среднее за 2010–2012 гг.)

Дозы удобрений	Гумат калия	Коэффициент водопотребления
Естественный фон	Без гумата калия	370
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		334
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		327
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		242
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		283
Естественный фон	Применение гумата калия под предпосевную культувацию + обработка семян + в фазу кущения + колошения + молочной спелости зерна	321
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		216
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		200
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀		161
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		181

Продуктивные запасы влаги в почве и коэффициенты водопотребления определяли по методике Б. А. Доспехова (1985) и, согласно действующим стандартам, агрохимический состав почвы. Кислотность почвы составила (рН 5,0); содержание гумуса 5,2 %; P₂O₅ (по Кирсанову) 170 и K₂O (по Кирсанову) 142, мг/кг почвы; гидролитическая кислотность (по Каппену) 5,4 а сумма поглощенных оснований (по Каппену-Гильковицу) 29,0, ммоль/100 г почвы (Щетинина А. С., 1990), то есть типичная для черноземов выщелоченных Республики Мордовия.

Коэффициент водопотребления снижается с внесением минеральных удобрений, также с использованием любого агротехнического приема, приводящего к ускоренному развитию растений и повышению продуктивности (Физиология ..., 2000; Исайкин И. И., 2004).

В среднем за три года нами выявлено, что минимальный коэффициент водопотребления (161) отмечен с применением дозы $N_{90}P_{90}K_{90}$ и гумата калия под предпосевную культивацию + обработка семян + в фазу кущения + колошения + молочной спелости зерна (табл. 1).

По годам коэффициент водопотребления менялся, преимущество его отмечено в 2012 г. (230–495), а минимальное значение (114–319) в 2011 г. Выявлена сильная обратная зависимость ($r = -0,73$) между коэффициентом водопотребления и урожайностью зерна многозерного ячменя. Интенсивное применение средств химизации способствует накоплению запасов элементов питания в пахотном горизонте почв (Сычев В. Г., 2003).

В табл. 2 и 3 приводится динамика подвижного фосфора и обменного калия в пахотном слое почвы в зависимости от доз удобрений и гумата калия.

В среднем за три года максимальное уменьшение подвижного фосфора от фазы всходов до уборки (17,0 мг/кг почвы, в среднем по фактору А) при использовании удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг/га д. в.

Таблица 2. Динамика подвижного фосфора от доз удобрений и гумата калия (среднее за 2010–2012 гг.)

Дозы удобрений	Гумат калия	Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы		
		В	У	Р
Без удобрений	1	99,5	87,1	12,4
$N_{30}P_{30}K_{30}$		111,1	96,5	14,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$		122,8	107,5	15,4
$N_{90}P_{90}K_{90}$		146,8	129,3	16,7
$N_{120}P_{120}K_{120}$		157,2	141,6	15,6
Без удобрений	2	100,6	86,3	14,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$		111,1	97,3	13,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$		123,7	108,9	14,8
$N_{90}P_{90}K_{90}$		146,8	128,9	17,9
$N_{120}P_{120}K_{120}$		158,1	142,2	16,0
Среднее по естественному фону		100,1	86,7	13,4
Среднее по дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$		111,1	96,9	14,2
Среднее по дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$		123,3	108,2	15,1
Среднее по дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$		146,8	129,1	17,0
Среднее по естественному фону $N_{120}P_{120}K_{120}$		157,7	141,9	15,8
Среднее по варианту без гумата калия		127,6	112,4	15,2
Среднее по варианту с гуматом калия		128,1	112,7	15,4

Примечание: В – в фазе всходов; У – после уборки; Р – расход элемента за вегетацию, мг/кг почвы; 1 – без гумата калия; 2 – применение гумата калия под предпосевную культивацию + обработка семян + в фазу кущения + колошения + молочной спелости зерна.

Не изменил этот показатель гумат (в среднем по фактору В). Максимальный расход данного элемента по частным различиям наблюдался при этой же дозе. По годам динамика данного окисла существенно не различалась. Дозы минеральных удобрений повлияли на концентрацию обменного калия. В среднем за три года преимущество его (219,8 мг/кг, в среднем по фактору А) при появлении всходов и после уборки (195,2 мг/кг) был в варианте $N_{120}P_{120}K_{120}$, но максимальный его расход (27,3 мг/кг) отмечен при внесении $N_{90}P_{90}K_{90}$. Гумат калия существенно не менял этот показатель (среднее по фактору) (табл. 3).

Таблица 3. Динамика обменного калия от доз удобрений и гумата калия (среднее за 2010–2012 гг.)

Дозы удобрений (фактор А)	Гумат калия (фактор В)	Содержание обменного калия, мг/кг почвы		
		НВ	ПУ	Р
Естественный фон	1	140,8	124,3	16,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$		154,7	133,3	21,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$		171,8	147,7	24,3
$N_{90}P_{90}K_{90}$		196,9	170,0	26,9
$N_{120}P_{120}K_{120}$		219,3	194,2	25,1
Естественный фон	2	142,1	125,2	16,9
$N_{30}P_{30}K_{30}$		156,2	135,0	21,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$		173,3	148,2	25,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$		197,5	169,9	27,6
$N_{120}P_{120}K_{120}$		220,3	196,1	24,2
Среднее по естественному фону		141,5	124,8	16,7
Среднее по дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$		155,5	134,2	21,3
Среднее по дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$		172,6	148,0	24,8
Среднее по дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$		197,2	170,0	27,3
Среднее по дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$		219,8	195,2	24,7
Среднее по варианту без гумата калия		176,7	153,9	22,8
Среднее по варианту с гуматом калия		177,9	154,9	23,0

Преимущественный расход обменного калия (27,6 мг/кг) для частных различий выявлен при дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ с применением гумата калия под предпосевную культивацию + обработка семян + в фазу кущения + колошения + молочной спелости зерна. Такую динамику элементов питания в варианте $N_{90}P_{90}K_{90}$ можно объяснить наибольшей урожайностью зерна.

Таким образом, минимальный коэффициент водопотребления, максимальное использование подвижного фосфора и обменного калия отмечено при внесении удобрений $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг/га д. в. и гумата калия под предпосевную культивацию + обработка семян + использование в фазу кущения + колошения + молочной спелости зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саулин, А. А. Многорядный ячмень в Мордовии / А. А. Саулин, А. П. Еряшев. – Саранск: Морд. гос. ун-т, 2012. – 104 с.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 381 с.
3. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / М. Н. Третьяков, Е. И. Кошкин, Н. М. Макрушин [и др.]. – Колос, 2000. – 640 с.
4. Исайкин, И. И. Адаптивная технология возделывания пивоваренного ячменя / И. И. Исайкин, М. К. Волков, А. Н. Рожкова. – Саранск: Мордов. ин-т переподгот. кадров агробизнеса, 2004. – 214 с.
5. Сычев, В. Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В. Г. Сычев. – М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. – 228 с.

УДК 635.658(574.2)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ В АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Б. Ж. ЖАНЗАКОВ, PhD докторант
СНС ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева»,
п. Научный, Республика Казахстан

В. Г. ЧЕРНЕНОК, д-р с.-х. наук, профессор
НАО «КАТУ им. С. Сейфуллина»,
г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Т. Ф. ПЕРСИКОВА, д-р с.-х. наук, профессор
УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В. Ф. СКОБЛИКОВ, зав. лабораторией точного земледелия
ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева»,
п. Научный, Республика Казахстан

В статье описана специфика возделывания чечевицы с учетом ее особенностей в условиях Акмолинской области, факторы оказывающие решающую роль в формировании урожайности и методы их сглаживания. Статья носит обзорный характер и предназначена для ознакомления широкой аудитории с особенностями возделывания чечевицы в данном регионе.

Ключевые слова: чечевица, накопление влаги, посев, удобрение, защита растений, уборка, севооборот.

Рост численности населения ведет к интенсификации сельского хозяйства. Получение высоких урожаев при меньшем количестве затрат стало актуальнее, чем когда-либо, что требует внедрения более выгодных, экономический и экологический оправданных сельскохозяйственных мероприятий, систем земледелия, культур.

Принятие курса на диверсификацию зернового производства, цифровизация сельского хозяйства и внедрение высокорентабельных

культур в производство, стало требованием жизни. В связи с чем на основе имеющихся технических ресурсов возделываются и внедряются новые для предприятий, и в целом для Казахстана, культуры и технологии, что требует их всестороннего изучения.

В последнее десятилетие, одной из культур которую начали активно возделывать является – чечевица.

Чечевица – бобовая культура. Ее возделывание поможет в обеспечении населения высококачественным белком. Благодаря особенности чечевицы не накапливать в себе вредные вещества (нитратов, радионуклидов и др.) выращенная в любой точке земли она считается экологически чистой [1].

В 2021 г. под посевами чечевицы были заняты 73,1 тыс. га, из них в Акмолинской области – 14,2 тыс. га, Карагандинской – 497 га, Костанайской – 18,7 тыс. га, Павлодарской – 6,5 тыс. га, Северо-Казахстанской – 33 тыс. га, Туркестанской – 63,9 га [2]. Как видно из статистических данных, основные посевные площади чечевицы расположены на севере страны.

Северный Казахстан занимает площадь около 565 тыс. км². Почвенно-климатические условия на территории Северного Казахстана сильно отличаются. Например, в одной из маленьких областей страны Акмолинской (146 тыс. км²) имеется четыре агроклиматические зоны с разным почвенным покровом и уровнем увлажнения [3]:

Зона I – Умеренно влажная умеренно теплая, занимает территорию Кокшетауской возвышенности, расположенной в северной части Акмолинской области ($K = 1,0-1,2$; $ГТК > 0,9$; $\sum_{t10^{\circ}} = 2000-2300$);

Зона II – Слабовлажная умеренно теплая, занимает центральную и северную части Акмолинской области ($K = 0,8-1,2$; $ГТК = 0,9-0,6$; $\sum_{t10^{\circ}} = 2200-2500$);

Зона III-а – Слабозасушливая умеренно теплая, занимает юго-западную часть Акмолинской области ($K = 0,6-0,8$; $ГТК = 0,6-0,5$; $\sum_{t10^{\circ}} = 2400-2600$);

Зона IV-а – Умеренно засушливая теплая, занимает юго-западную окраину Акмолинской области ($K = 0,4-0,6$; $ГТК = 0,5-0,4$; $\sum_{t10^{\circ}} = 2500-3000$).

Климат области резко континентальный, с малоснежной зимой, жарким и коротким летом. Особенностью области является малое количество осадков как в течение года, так и вегетационной период (апрель-октябрь) 160–280 мм, с севера на юг их количество снижается. При этом высокий температурный фон, часто вызывает атмосферную и почвенную засуху.

Изменение почвенного покрова области имеет зональный характер. С севера на юг более плодородные обыкновенные черноземы перехо-

дят в менее плодородные южные черноземные, далее в темно-каштановые и полупустынные каштановые почвы.

Недостаток влаги, периодический повторяющаяся засуха, негативно сказывается на урожайности всех, сельскохозяйственных культур. Эксперты оценивают, что засуха вегетационного периода 2021 года снизила валовый сбор зерновых и зернобобовых культур на $\frac{1}{4}$. Для примера, в благоприятный 2020 год урожайность чечевицы в Акмолинской области была на уровне 11 ц/га, а валовый сбор составил почти 15 тыс. т.

Высокая цена и полезные качества чечевицы делают ее популярной, что требует изучения ее биологических особенностей и технологии возделывания. Цель данной статьи заключается в освещении особенностей чечевицы и технологических аспектов возделывания в условиях Акмолинской области.

Требования к влаге. Чечевица очень чувствительна к недостатку влаги. По некоторым оценкам для получения высоких урожаев чечевице необходимо 140–220 мм осадков за вегетационный период [4], при этом вегетационный период чечевицы 70–85 дней [5]. В условиях Северного Казахстана такое количество осадков за столь короткий период выпадает не каждый год. Решить вопрос обеспеченность чечевицы влагой можно за счет накопления зимних осадков. Установлено, чтобы создать хороший запас влаги в почве для нашей области, рекомендована нарезка не продуваемых снежных валков поперек господствующих юго-западных ветров, через 2–3 м, при высоте снежного покрова 15 см, более широкое расстояние между валками менее эффективно [6]. Нарезка снежных валков через 2–3 м ведет к повышению затрат, однако с учетом того, что чечевица чувствительна к недостатку влаги, накопление хорошего запаса влаги осенне-зимнего периода повысит урожайность, что окупит затраты и даст прибыль.

Требования к теплу. Со всходов до хозяйственной спелости необходимая чечевице сумма активных температур $\sum_{10^{\circ}} = 1500$ °C [7]. В условиях Акмолинской области недостатка в тепле и свете у чечевицы нет. Наоборот, повышенная температура ведет к укорачиванию вегетационного периода чечевицы.

Минеральное питание и удобрение. Известно, что чечевица хорошо отзывается на внесение минеральных удобрений. Но отзывчивость чечевицы на улучшение минерального питания и внесение удобрений зависит от исходного содержания элементов питания в почве, требований сортов и влагообеспеченности, в связи с чем говорить о унифицированной одной дозе каких-либо удобрений нельзя.

Можно констатировать факт, что большая часть почв Северного Казахстана и Акмолинской области в том числе, имеют низкую обеспеченность фосфором, в связи с чем внесение фосфорных удобрений

будет иметь положительный эффект. Так, результаты исследования по изучению условия фосфорного питания и фосфорных удобрений на урожайность и качество чечевицы показали хорошие результаты. Прибавка к урожайности от применения фосфорных удобрений достигала 60–70 %. Также, отмечено наличие особенностей в отзывчивости к внесению минеральных удобрений. Впервые был определен оптимальный уровень обеспеченности почв фосфором для чечевицы. Для тарельчатой чечевицы с орта «Веховская» P_2O_5 на уровне 28 мг/кг является оптимальным [8].

Чечевица за счет симбиотической связи с клубеньковыми бактериями способна мобилизовать атмосферный азот [9]. Но недостаток влаги, который проявляется в период вегетации, снижает выживаемость и активность азотфиксирующих бактерий на инкубированных посевах. При низкой обеспеченности почв азотом чечевица хорошо отзывается на внесение азотных удобрений.

Выбору азотных и фосфорных удобрений следует уделить особое внимание. В Акмолинской области, и в целом по стране нет кислых почв. Почвы, распространенные в черте области, имеют от нейтрального до среднещелочного уровня pH. Внесение удобрений с pH выше 7 не желательно.

Фосфорные удобрения под чечевицу эффективнее вносить как основные в паровые поля или под зяблевую вспашку.

Азотные удобрения с амидными и аммиачными формами можно вносить осенью, а нитратные лучше оставить на весну под предпосевную культивацию.

Высокая обеспеченность почв калием не требует внесения калийных удобрений.

Посев. Посев чечевицы в области рекомендуется проводить 15–25 мая [10], при норме высева 2,0–2,5 млн. всхожих семян/га [5, 11], на глубину 5–7 см [5, 12]. Дружные всходы чечевицы появляются лишь через 7–10 день, при посеве в почву, прогретую в слое 10 см до 7–10 °С [13].

Защита растений. Чечевица имеет низкую высоту и замедленный рост в первой половине вегетации, что делает ее менее конкурентоспособной по отношению к сорным растениям [14]. Она очень чувствительна к применению гербицидов и их последствию. Поэтому при возделывании чечевицы борьбу с сорными растениями желательно проводить агротехническими приемами. Применять гербициды следует с осторожностью. Бобовые – двудольные растения, вести гербицидную борьбу против двудольных сорняков в период вегетации бессмысленно. Против однодольных и некоторых двудольных однолетних и многолетних сорняков хорошее действие показывают препараты

с д. в. прометрин 500 г/л (химический класс триазины), которые применяются в допосевной период [15].

В условиях высокой увлажненности и низинных участках, чечевица часто поражается болезнями – аскохитозом и антракнозом, что ведет к быстрому отмиранию листьев, щуплости зерна и неравномерному созреванию. Проведение фунгицидной обработки посевного материала – достаточно эффективно. А в период вегетации можно использовать фунгициды с д. в. 150г/л пиракlostробин, 75 г/л флусапироксид и пропиконазол 80 г/л, тебуконазол 160 г/л [16, 17].

Чечевица часто повреждается деятельностью вредителей, таких как проволочник, долгоносик, гороховая плодожорка, гороховая тля, совка-гамма. Редкие вспышки лугового мотылька, как в 2021 г., также повреждают чечевицу. Для борьбы с ними имеется эффективны препараты с д. в. индоксакарб 150 г/л [18] и др.

Уборка. В условиях Акмолинской области чечевица формирует маленькую вегетативную массу, а растения низкие. В таких условиях применимо прямое комбинирование. Раздельная уборка ведет к большим потерям.

Севооборот. Для чечевицы нежелательными предшественниками являются другие бобовые культуры, и сама чечевица. Возвращать чечевицу на прежнее место можно через 3–4 года.

Чечевица является хорошим предшественником для зерновых культур, возделываемых в Акмолинской области.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что чечевица достаточно требовательная культура к влагообеспеченности, чистоте полей, в связи с чем решение о возделывании чечевицы следует принимать с учетом возможности создания оптимальных условия для ее роста и развития. В условиях Акмолинской области основным лимитирующим урожайность фактором был и остается недостаток влаги. Решение вопроса влагообеспеченности за счет рационального пользования и сохранения водных ресурсов позволит реализовать весь потенциал продуктивности культуры.

Как фактор, которым можно управлять, особого внимания требует минеральное питание чечевицы. Обеспечение чечевицы достаточным количеством питательных веществ за счет внесения минеральных удобрений является залогом высокого и качественного урожая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хавалойес, П. Зернобобовые / П. Хавалойес // Питательные зерна устойчивого будущего. – FAO, 2016. – 196 с.
2. Уточненная посевная площадь основных сельскохозяйственных культур на 2021 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/7>. – Дата доступа: 22.12.2020.

3. Агроклиматические ресурсы Северного Казахстана / С. С. Байшолован [и др.] // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2018. – № 1 (367). – С. 168–184.
4. Коноплев, Ю. И. Влияние биологических и агротехнических факторов на формирование продукционного процесса и повышение урожайности семян новых сортов чечевицы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ю. И. Коноплев. – Орел, 2004. – 22 с.
5. Маракаева, Т. В. Влияние сроков посева на урожайность чечевицы в южной лесостепи Омской области / Т. В. Маракаева, Д. А. Ридель, И. Д. Трусов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. – № 2–3. – С. 99–101.
6. Бакаев, Н. М. Почвенная влага и урожай / Н. М. Бакаев. – Алма-Ата: Кайнар, 1975. – 136 с.
7. Васенина, Г. Г. Агроклиматическое обоснование размещения чечевицы на европейской территории СССР / Г. Г. Васенина // Метеорология и гидрология. – 1979. – № 4. – С. 98–102.
8. Жанзаков, Б. Ж. Влияние условий фосфорного питания на продуктивность и качество чечевицы разновидностей сорта «Веховская» / Б. Ж. Жанзаков, В. Г. Черенок, Т. Ф. Персикова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2. – С. 141–146.
9. Humphrey, D. R., Cummings, S. P. and Andrews, M. (2001). Comparison and tentative identification of *Rhizobiaceae* isolated from nodules of lentil grown in New Zealand and the United Kingdom. *Aspects App Bio* 63: 101–20.
10. Особенности проведения весенне-полевых работ в хозяйствах Акмолинской области в 2021 году (рекомендации) – Шортанды-1: НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева, 2021. – 51 с.
11. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях Северного Казахстана / К. М. Мусынов [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 9 (155). – С. 14–18.
12. Кузнецов, И. С. Влияние сроков посева на урожайность чечевицы / И. С. Кузнецов // АгроXXI. – 2008. – № 7–9. – С. 39–40.
13. Вархалов, М. Д. Особенности возделывания чечевицы в условиях среднерусской лесостепи / М. Д. Вархалов, А. И.-О. Алыев, В. В. Коломейченко // Аграрная наука. – 1998. – № 5. – С. 19.
14. Интенсивность ростовых процессов на ранних этапах онтогенеза у контрастных по продуктивности образцов чечевицы / И. В. Кондыков [и др.] // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – № 1 (34). – С. 38–42.
15. Прометрин. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pesticidy.ru/active-substance/prometryn>. – Дата доступа: 22.12.2020.
16. Приаксор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agro.basf.ru/ru/Products/OverviewФунгициды/Приаксор>. – Дата доступа: 22.12.2020.
17. Прозаро Квантум. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.crop-science.bayer.ru/product/prosaro-qantum>. – Дата доступа: 22.12.2020.
18. Элистер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.1agro.kz/culture/-chechevica/elister>. – Дата доступа: 22.12.2020.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ МИКРО- И УЛЬТРАМИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ КУБАНИ

А. Н. ЗИМИН, аспирант,
И. В. ШАБАНОВА, канд. хим. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар, Российская Федерация

Длительное применение навоза и минеральных удобрений не оказало влияния на накопление меди, марганца, кобальта и свинца в пахотном слое чернозема выщелоченного Кубани. Увеличение содержания кадмия и цинка в почве за 20 лет с 1991 г. достигло 1,5–2 раза по сравнению с исходным фоном, и составило Zn 77 мг/кг и Cd 0,19 мг/га.

Ключевые слова: микроэлементы, чернозем выщелоченный, удобрения, почва, тяжелые металлы.

Согласно современной классификации, к микроэлементам относятся металлы с содержанием в растении ниже 10^{-6} кг на кг сухого вещества, они должны обладать биологической активностью, входить в перечень необходимых для питания человека. Превышение предельно допустимой концентрации в продуктах питания может привести к обратному эффекту, поскольку, например, медь и цинк относятся к токсичным веществам 1-го и 2-го классов опасности. Кадмий и свинец (ультрамикрорэлементы) относят к особо опасным металлам, однако исследования показывают, что они в обязательном порядке присутствуют в почве и растениях, накапливаются в организме человека и животных [1]. Основным показателем безопасности тяжелых металлов для живых организмов является не их наличие, а общее содержание. Для компенсации недостаточного микроэлементного питания используют корневые и некорневые подкормки микроэлементами и удобрениями на их основе [2–4]. Для растений основным источником тяжелых металлов, включая микро- и ультрамикрорэлементы являются почва, минеральные удобрения, подкормки и антропогенные факторы [5].

Поэтому целью нашего исследования явилась оценка влияния длительного применения удобрений на содержание кислоторастворимых форм металлов в почве. Опыт был заложен в 1991 г. на опытной станции учхоза «Кубань» в рамках многолетнего стационарного опыта и включал применение навоза один раз за 11-летнюю ротацию, ежегодное внесение минеральных удобрений. Севооборот включал озимую пшеницу, озимый ячмень, кукурузу на зерно, сахарную свеклу, люцерну (3 года с подсевом ячменя), подсолнечник. В исследуемом опыте в качестве органического удобрения вносили 400 т/га навоза, ежегодно минеральные удобрения в средней дозе $N_{78}P_{64}K_{40}$, применяли химиче-

скую защиту от вредителей и болезней. Система обработки почвы – вспашка с отвальным рыхлением на глубину пахотного слоя 20 см. Образцы почвы отбирались в 1991 г. до закладки опыта и в 2021 г. после сбора урожая зерна озимой пшеницы.

Содержание кислоторастворимых форм микроэлементов в пахотном слое почвы в 1991 г. и 2021 г. представлено в таблице.

Содержание микроэлементов в пахотном слое почвы, мг/кг

Вариант	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Co
Фон 1991 г.	479	17,6	43,8	11,6	0,09	9,8
Контроль	530	19,2	71,1	13,4	0,18	8,5
<i>Δ от фона, %</i>	<i>+11</i>	<i>+9</i>	<i>+62</i>	<i>+16</i>	<i>+100</i>	<i>-13</i>
Навоз	474	23,0	78,3	13,1	0,19	9,2
<i>Δ от фона, %</i>	<i>-1,1</i>	<i>+30</i>	<i>+79</i>	<i>+13</i>	<i>+110</i>	<i>-6</i>
Навоз + НРК	462	23,3	72,5	13,6	0,18	9,3
<i>Δ от фона, %</i>	<i>-3,6</i>	<i>+32</i>	<i>+65</i>	<i>+17</i>	<i>+100</i>	<i>-6</i>
Навоз + Защита растений	485	23,6	77,1	13,3	0,19	9,7
<i>Δ от фона, %</i>	<i>+1,3</i>	<i>+34</i>	<i>+75</i>	<i>+15</i>	<i>+105</i>	<i>-1,5</i>
Навоз + НРК + Защита растений	495	18,2	77,6	13,2	0,18	8,8
<i>Δ от фона, %</i>	<i>+3,3</i>	<i>+3,4</i>	<i>+77</i>	<i>+14</i>	<i>+100</i>	<i>-10</i>
НСР ₀₅	12	1,1	6,5	0,6	0,03	0,2
ПДК	1500	55	100	32	2,0	40

Основным источником микроэлементов в почве является навоз, с ним за ротацию поступает до 80 кг/га марганца, 25 кг/га цинка, 8 кг/га меди, по 3 кг/га свинца и кобальта, около 100 г/га кадмия [1]. Минеральные удобрения и средства защиты растений практически не содержат примесей тяжелых металлов.

Согласно данным таблицы, содержание кислоторастворимых форм марганца практически не изменилось за две ротации. Накопление меди с применением навоза возросло на 30 % по сравнению с первоначальным фоном, а на контроле практически не изменилось. Наибольший прирост содержания в почве, включая контроль, наблюдается для кадмия и цинка. Увеличение накопления кислоторастворимых форм Cd в 2 раза, а цинка в 1,5 раз по сравнению с исходным фоном наблюдается и контроле, что может быть связано как с антропогенными факторами, так и с технологиями обработки почвы. Кроме того, использование почвы под полевые культуры может способствовать переходу этих сходных по физическим и химическим свойствам металлов из кислотонерастворимых форм в потенциальнодоступные растениям. Увеличение содержания свинца в пахотном слое по сравнению с фоном не превышало 17 %. Содержание кобальта в почве, в отличие от других микроэлементов, снижалось на 10–13 % по сравнению с контролем. Несмотря на прирост содержания микро- и ультрамикроэлементов в почве, их содержание не превышает ПДК на всех вариантах опыта.

Таким образом, длительное применение удобрений и навоза не способствует накоплению кислоторастворимых форм марганца, цинка, свинца, кобальта, цинка и кадмия в пахотном слое чернозема выщелоченного Кубани выше ПДК, что обусловлено, отсутствием антропогенных источников загрязнения и выносом металлов с выращенной продукцией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние различных технологий возделывания сахарной свеклы на содержание цинка, свинца и кадмия в почве и корнеплодах свеклы / С. В. Гаркуша [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 36. – С. 125–129.
2. Персикова, Т. Ф. Сортовая отзывчивость люпина узколистного на условия питания при возделывании на дерново-подзолистых почвах северо-востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, М. Л. Радкевич // Агрехимический вестник. – 2015. – № 4. – С. 9–12.
3. Персикова, Т. Ф. Эффективность бактериальных препаратов под культуры севооборота / Т. Ф. Персикова // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. – 2001. – № 114. – С. 143–144.
4. Применение микроудобрений и регуляторов роста в интенсивном земледелии: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015. – 46 с.
5. Эколого-агрономическая оценка действия химических средств земледелия на урожай и качество зерна озимой пшеницы / А. В. Загорулько [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 131. – С. 1405–1424.

УДК 631.5; 631.6; 911.2

ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФИТОЦЕНОЗА ОТ ЕГО ВОЗРАСТА И ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ

Д. А. ИВАНОВ, д-р с.-х. наук, член-корреспондент РАН,
Я. С. ЛИСИЦЫН, магистр биологии

ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»,
г. Москва, Российская Федерация

В работе приведены результаты статистической обработки данных мониторинга показателя флористического сходства фитоценоза покровного овса в пределах агроландшафта. Показано, что основным фактором, влияющим на величину коэффициента Жаккара является гидроморфизм почв, тогда как возраст растительного сообщества и рельеф поля вносят гораздо меньший вклад в его пространственную вариабельность.

Ключевые слова: агроландшафт, мониторинг, фитоценоз, показатель флористического сходства, статистический анализ.

Исследование факторов природной среды, влияющих на биоразнообразие культурных и диких фитоценозов, позволяет находить практические приемы управления их экологической толерантностью, что весьма актуально при создании адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Цель – изучение влияния почвенных условий и рельефа агроландшафта конечно-моренного холма, а также возраста растительного покрова на величину коэффициента флористического сходства Жаккара растительных сообществ овса с подсевом трав (2019 г.) и клеверотимофеенного травостоя 1 года пользования (2020 г.).

Для изучения влияния факторов природной среды сельскохозяйственного ландшафта (элементов мезорельефа I порядка (склонов разной экспозиции), элементов мезорельефа II порядка (агромикроландшафтов) и гидроморфизма почв) на величину коэффициента Жаккара в агроценозе покровного овса в 2019 и 2020 гг. осуществляли мониторинг густоты стояния растений (шт/м²) ярового овса сорта «Аргамак», клевера красного сорта «ВИК 7», тимофеевки луговой сорта «ВИК 9», а также сорных видов на агроэкологическом стационаре ВНИИМЗ.

Коэффициент Жаккара – бинарная мера сходства. В ботанике она получила название коэффициента флористического сходства, расчет которого осуществляется посредством сравнения числа видов в соседних описаниях с числом общих видов для этой пары описаний.

Стационар расположен в 4 км к востоку от г. Тверь, на моренном холме с относительной высотой 15 м. состоящим из плоской слабо дренируемой вершины, северного пологого склона, крутизной 2–3°, южных склонов (3–5°) и межхолмных депрессий (северной и южной). Почвенный покров стационара представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв. Почвы стационара образованы на двучленных отложениях – песчано-супесчаная толща в пределах почвенного профиля на разной глубине подстилается легко и среднесуглинистой закамененной мореной. В южной части стационара мощность кроющего наноса местами превышает 1,5 м. На вершине и северном склоне холма пахотные горизонты сложены супесью и иногда легким суглинком, мощность кроющего наноса здесь колеблется около 1 м, а в межхолмной депрессии морена местами выходит на поверхность [1].

Исследования проводились на агроэкологической трансекте (физико-географическом профиле) – узком поле, пересекающем все микроландшафтные позиции конечно-моренного холма: транзитно-аккумулятивные (Т-А) геоккомплексы нижних частей склонов и межхолмных депрессий, характеризующиеся аккумуляцией элементов питания из намывных и грунтовых вод; транзитные (Т) ландшафты, расположенные в центральных частях склонов, в которых господствует латеральный (параллельный поверхности) ток влаги; элювиально-транзитные (Э-Т) местоположения верхних частей склонов, где, наряду с латеральным током влаги, происходит ее вертикальное перемещение по почвенному профилю и элювиально-аккумулятивный (Э-А) ландшафт вершины, в пределах которого вертикальное промывание

почвенного профиля чередуется с локальной аккумуляцией влаги в микропонижениях (блюдцах). Поле, на котором проводились наблюдения, располагалось на полосе шириной 7,2 м, а длиной – 1300 м. Изучаемый агроценоз был образован вследствие посева овса и трав 2 мая 2019 г. Покровный посев развивался без внесения удобрений, кроме одноразовой подкормки аммиачной селитрой в фазу кущения в дозе 1 ц/га. Следует отметить, что 5 июня 2019 г. он был обработан гербицидами (Линтаплант) – в дозе 1,5 л на гектар, 25 августа 2019 г. произведена уборка овса. Учет густоты стояния растений осуществлялся семь раз за вегетацию: 30 мая, 1 июля, 21 августа и 10 октября 2019 г., а также 1 июня, 24 июня и 13 октября 2020 г. в 120 точках опробования регулярно расположенных по трансекте на расстоянии 10 м друг от друга. Площадь учетной делянки – 1 м².

Для дальнейшего изучения проблемы влияния мезо- и микрорельефа на адаптивные реакции растений в 2021 г. была проведена нивелировка поверхности агроэкологической трансекты на полигоне ВНИИМЗ. Высота измерялась в регулярно расположенных точках, отстоящих друг от друга на расстоянии 10 м. На основании полученных данных были получены цифровая модель рельефа (ЦРМ) трансекты, карты солнечной радиации и крутизны склонов. Данные, полученные в ходе нивелировки, а также при их анализе в среде ГИС, использовались для изучения адаптивных реакций растений и фитоценозов на ландшафтные условия, что дает возможность более интенсивного развития теоретических основ адаптивно-ландшафтного земледелия.

Мониторинговые данные обрабатывались методом корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализа (STATISTICA 7). Для определения влияния факторов ландшафтной среды на пространственно-временную динамику коэффициентов Жаккара, мониторинговые данные обрабатывались методом четырехфакторного дисперсионного анализа, в котором фактором «А» являлась «Элементы мезорельефа I порядка» – склоны разной ориентации по сторонам света (северная и южная); фактор «В» – «Элементы мезорельефа II порядка» – геохимическая обстановка в пределах склона (Т-А, Т, Э-Т, Э-А); фактор «С» – «Почвы» – почвы разного гидроморфизма (глееватые и глеевые) и D – период вегетации агроценоза (всходы овса, кущение овса, полная спелость овса, окончание вегетации агроценоза молодых трав, возобновление вегетации трав 1 года пользования, предукосное состояние трав, окончание вегетации трав 1 года пользования). Степень влияния ландшафтных факторов на густоту стояния растений вычислялась на основе метода Н. А. Плохинского путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую [2].

На основе дисперсионного анализа установлено, что главным фактором, влияющим на изменчивость показателя флористического сход-

ства, и определяющим более двух третей его вариабельности в пределах агроценоза, является гидроморфизм почв. Хотя средние значения показателя по различным категориям заболоченных почв различаются не значительно (на глеевой почве – 58 %, а на глееватой – 60 %), их разброс по фазам развития на различных почвах весьма ощутим – от 30 % в фазу всходов на глеевой почве до 85 % на глееватой в фазу возобновления вегетации трав 1 года пользования, то есть экологическая устойчивость травостоя падает по мере его взросления и уменьшения степени заболоченности почв.

Период вегетации травостоя определяет 8 % вариабельности величины показателя коэффициента Жаккара. На всех почвах и типах местоположений наблюдается увеличение показателя коэффициента флористического сходства по мере взросления травостоя вследствие усиления межвидовой конкуренции в травостое. Снижение происходит только после укоса в результате ослабления доминантных видов за исключением вершины холма, где, вследствие повышенной инсоляции, доминантные виды быстро релаксируют и препятствуют интенсивному внедрению разнотравья в агроценоз.

Более одной пятой величины пространственно-временной вариабельности показателя коэффициента флористического сходства зависит от факторов, не включенных в данный дисперсионный анализ. К ним могут относиться различные проявления ландшафтно-почвенной микропестроты – микро- и нанорельеф, неравномерность антропогенного воздействия, микробиологические особенности почв и т. д.

Среднее по агроландшафту значение урожайности сена трав 1 г. п. – 5,93 т/га. Достоверное влияние коэффициента Жаккара на количество сена обнаружено только на северном склоне холма ($r = +0,26$) – по мере упрощения видового состава сообщества продуктивность его растет вследствие доминирования сеяных видов и снижения напряженности межвидовой борьбы. Многофакторный дисперсионный анализ показал, что достоверное влияние на продуктивность клеверотимофеечной травосмеси 1 г. п. оказывает взаимодействие таких факторов ландшафтной среды, как экспозиция склона и гидроморфизм почв ($НСР_{0,05} = 0,6$ т/га). На южном склоне холма отмечен низкий урожай сена (в среднем 5,34 т/га), минимум которого наблюдался на сильно заболоченных почвах (4,92 т/га), тогда как на глееватых почвах его среднее значение достигает 5,76 т/га. Следует отметить, что коэффициент Жаккара в предукосный период на южном склоне не зависит от степени гидроморфизма почв. На северном склоне урожай сена был выше (в среднем 6,57 т/га) минимум которого отмечен на средне заболоченных почвах (6,26 т/га), а на глеевых почвах зафиксировано его максимальное значение – 6,89 т/га. В отличие от южного, на северном

склоне наблюдается сильная зависимость величины коэффициентов флористического сходства от степени заболоченности почв.

При обработке полученных данных методом регрессии поверхностного отклика (Response surface regression), использующего комбинацию линейных и нелинейных методов, было выявлено, что коэффициент Жаккара достоверно зависит от крутизны и квадрата крутизны склонов только в фазу кущения овса в покровном посеве. Эти предикторы определяют 3 и 6 % варибельности показателя биологической дисперсии соответственно. В эту же фазу развития фитоценоза обнаружено достоверное влияние на коэффициент Жаккара взаимодействия абсолютной высоты с крутизной и солнечной радиации с крутизной (3,3 и 4,5 % варибельности соответственно). В фазу молодого травостоя 1 г.п. коэффициент Жаккара достоверно зависит от квадрата показателя почвенной пестроты (определяет около 3 % варибельности), а в предукосную фазу – от квадрата крутизны (определяет около 5 % варибельности).

Можно отметить, что коэффициент Жаккара – показатель флористического разнообразия и устойчивости агроценоза во многом зависит от ландшафтных особенностей (почва и рельеф) и возраста травостоя. Главным фактором изменчивости показателя флористического сходства, определяющим более двух третей его варибельности в пределах агроценоза, является гидроморфизм почв. Возраст агроценоза определяет лишь 8 % варибельности коэффициента Жаккара (наблюдается увеличение показателя коэффициента флористического сходства по мере взросления травостоя – агроценоз покровного овса превращается в единое растительное сообщество только ко времени поспевания зерновой культуры), однако в различных почвенных условиях он способствует значительному разбросу показателя флористического сходства от 30 % в фазу всходов на глеевой почве до 85 % на глееватой в фазу возобновления вегетации трав 1 г. п. Значительное влияние на продуктивность клеверотимофеечной травосмеси 1 г. п. оказывает взаимодействие таких факторов ландшафтной среды как экспозиция склона и гидроморфизм почв, однако достоверное влияние коэффициента Жаккара на количество сена обнаружено только на северном склоне холма ($r = +0,26$), где по мере упрощения видового состава сообщества увеличивается его продуктивность вследствие снижения напряженности межвидовой борьбы. Результаты регрессионного анализа показывают, что характер рельефа, а также производное от него определяют незначительную долю пространственной варибельности коэффициента Жаккара фитоценоза. Суммарно, за счет прямого воздействия факторов и их взаимодействия, достоверное влияние рельефа определяет от 17 % изменчивости изучаемого показателя в фазу кущения овса до 3 % в фазу развития молодого травостоя и 4,5 % в

предукусную фазу. Часто влияние предикторов имеет нелинейный характер, что говорит о сложности взаимодействия фитоценоза с ландшафтом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Создание ландшафтного полигона нового поколения / Д. А. Иванов [и др.] // Земледелие. – 1999. – № 6. – С. 15–16.
2. Плохинский, Н. А. Биометрия [Электронный ресурс] / Н. А. Плохинский. – М.: МГУ, 1970. – 367 с. – Режим доступа: <https://bookree.org/reader?file=580114&pg=3>.

УДК 631.15 631.422 631.423 631.458

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Л. В. КИРЕЙЧЕВА, д-р техн. наук, профессор,
А. Д. ТИМОШКИН, А. Л. АВЕТИСЯН

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Рассмотрена необходимость прецизионного регулирования мелиоративного состояния агроэкосистемы и разработана автоматизированная система, позволяющая в интерактивном режиме назначать мероприятия в режиме on-line для получения высоких урожаев, и в режиме off-line для повышения плодородия почв.

Ключевые слова: агросистема, почва, мелиоративное состояние, регулирование, автоматизированная система.

Динамически устойчивое и продуктивное агропроизводство обеспечивается регулированием внутренних и внешних показателей сельскохозяйственной экосистемы (агроэкосистемы), созданной и поддерживаемой человеком для получения продукции растениеводства. Современные условия агропроизводства немыслимы без перехода на новые системы управления, включающие автоматизированные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) [1].

Информационно-коммуникационные технологии можно рассматривать не только как способ сбора, обработки и передачи информации для получения новых сведений об изучаемом объекте, но и инструмент для принятия решения о назначении необходимых мероприятий с участием пользователя в режиме реального времени, а также оперативного составления прогнозов.

Цель настоящих исследований – разработка системы автоматизированного регулирования мелиоративного состояния агроэкосистемы, обеспечивающего повышение энергетического потенциала почв мели-

орируемых земель и увеличения урожайности сельскохозяйственной продукции.

На основе всестороннего анализа существующей ситуации в области цифровизации агропромышленного комплекса Российской Федерации; систематизации и обобщения мирового опыта цифровизации сельского хозяйства разработана информационно-коммуникационная технология регулирования параметров агроэкосистемы в автоматизированном режиме, отличительной особенностью которой становится участие пользователя для обоснованного выбора мероприятий по повышению продуктивности земель конкретного участка и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур для данных природно-климатических характеристик и условий конкретного хозяйства как в режиме реального времени, так и в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Результаты и обсуждение. Технология реализована в виде автоматизированной информационно-коммуникационной системы (АИКС) регулирования мелиоративного состояния для Нечерноземной зоны России. Выбор объекта автоматизации связан с необходимостью интенсификации использования сельскохозяйственных земель Нечерноземной зоны, в том числе вовлечение в оборот неиспользуемых земель, разработки инновационно-адаптивных технологий повышения урожайности сельскохозяйственных культур, увеличения плодородия почвы и наращивания потенциала агропроизводства, что будет способствовать решению продовольственной программы и увеличению экспорта сельскохозяйственной продукции.

Пользователями АИКС должны стать сельскохозяйственные товаропроизводители: индивидуальные предприниматели, хозяйства (фермерские, кооперативные, государственные и прочее) и крупные агрохолдинги, которые производят растениеводческую продукцию. Система позволит пользователям выполнить оценку состояния используемых в настоящее время сельскохозяйственных угодий и принимать обоснованные решения по повышению их продуктивности, а также обосновать возможность ввода неиспользуемых земель в оборот.

Автоматизированная информационно-коммуникационная система включает 5 крупных модулей: модуль пользовательской информации, информационно-справочный, расчетный, аналитический модули, в которых производится расчет необходимых показателей и выполняется сравнительный анализ полученных результатов, а также производится выбор необходимых мероприятий. Кроме того, система включает управляющий модуль, обеспечивающий возможность обеспечения прецизионного оперативного регулирования теплового, водного и питательного режимов почвы.

Информационно-справочный модуль (ИСМ) предназначен для накопления и использования необходимой информации при решении поставленных задач. Он представляет собой открытую систему, в которую можно добавлять любую информацию в картографической или табличной форме. Отличительная особенность заключается в применении географической информационной системы (ГИС) и соответствующих технологий. Для реализации АИКС использована QGIS – дружественная к пользователю географическая информационная система (ГИС) с открытым кодом, распространяющаяся под GNU General Public License. QGIS является проектом Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) [2].

Информационно-справочный модуль содержит актуальную информацию по Нечерноземной зоне (НЗ) в разрезе федеральных округов и областей, полученную из открытых источников, так и обобщенную на основе выполненных исследований. ИСМ представлен набором слоев электронных ГИС – карт. К каждой карте в информационном модуле привязаны атрибутивные таблицы, в которых содержатся фактические и оптимальные значения основных показателей (климатических, почвенных и пр., а также данные по урожайности основных сельскохозяйственных культур и внесению минеральных и органических удобрений по областям НЗ, что позволяет пользователю обращаться как к картографическому, так и к табличному материалу. Каждому субъекту Нечерноземной зоны РФ соответствует отдельный слой, содержащий необходимую информацию. Этот модуль является самостоятельным информационным ресурсом решения любых задач для рассматриваемого региона.

Расчетный модуль включает в себя две модели: новую модель расчета энергетического ресурса почвы [3] и модель расчета продукционного потенциала [4]. Энергетический ресурс почвы оценивается по коэффициенту энергетического ресурса почвы – Кэр, который близко к единице при оптимальных агрофизических значениях почвы и наиболее благоприятных климатических условиях. Оптимальный продукционный потенциал также соответствует наилучшим природно-климатическим условиям для рассматриваемой зоны. По этим моделям выполнены расчеты фактического и оптимального значения энергетического ресурса почв Нечерноземной зоны и продукционного потенциала, по результатам расчета составлены соответствующие карты, которые помещены в информационно-справочный модуль.

В аналитическом модуле выполняется сравнение результатов коэффициента энергетического ресурса почвы и продуктивности, которые вычислены по фактическим данным пользователя, с соответствующими значениями, представленными на картах и в атрибутивных

таблицах. Это является основанием для выбора требуемых мероприятий по повышению урожайности и плодородия почвы.

В модуле вариантов решений пользователь взаимодействует с системой для получения максимально объективной информации о моделируемых процессах и выбирает наилучшее с его позиций управленческое решение. В зависимости от «проблемного» показателя происходит обращение к тому или иному модулю управления агроэкосистемой в соответствии с требованиями сельскохозяйственной культуры к водному, тепловому и питательному режимам и оптимальным параметрам почвы.

Приступая к работе в автоматизированной информационно-коммуникационной системе, пользователь вводит координаты своего объекта (хозяйства, системы, поля, участка), которые поступают в информационно-справочный модуль (ИСМ), и с аналитических карт и таблиц считывается информация о природных условиях, почвенных характеристиках текущими и оптимальными значениями энергетического состояния почвы и продукционного потенциала исследуемого объекта. Это необходимо для идентификации характеристик объекта к условиям внешней среды и создания для пользователя информационного поля. Затем пользователь обеспечивает передачу текущих данных с метеостанции и контрольно-измерительных устройств (при их наличии) или вводит вручную, а также вводит фактические данные о мелиоративном состоянии поля, плодородии почвы, урожайности культур.

В автоматизированном режиме выполняется сравнение фактических показателей анализируемого объекта с характеристиками по области, в которой находится анализируемый объект. Если при сравнении, состояние анализируемого объекта (агрохимические свойства почвы и урожайности культур) хуже средних фактических значений по области, то в блоке вариантов решений даются рекомендации по необходимости применения агротехнических и мелиоративных мероприятий. В случае, когда состояние объекта соответствует средним фактическим данным по области, но меньше оптимальных значений, приведенных на картах и в соответствующих справочных таблицах, и пользователь имеет намерение повысить свои показатели, тогда рекомендуется перейти в блок управляющих воздействий.

В блоке управляющих воздействий представлены функциональная схема прецизионного управления мелиоративным режимом агроэкосистемы, состав способов контроля и учета показателей для определения мелиоративного состояния и рекомендации по техническим средствам для управления мелиоративным режимом по соответствующим модулям программного обеспечения.

В модулях программного обеспечения представлены модели зависимости урожайности от температуры и влажности почвы по фазам

развития для зерновых и зернобобовых культур, картофеля, овощей и многолетних трав, а также представлены фактические и оптимальные агрохимические показатели для основных типов почв Нечерноземья. По моделям с учетом требований сельскохозяйственных культур к почвенным влагозапасам и элементам питания выполняется сравнение фактических значений влажности и питательных элементов в почве с требуемыми для получения запланированного урожая, и передается сигнал на управляющие устройства для проведения мероприятий по производству поливов или понижения уровня грунтовых вод дренажом, а также внесения необходимых доз удобрений.

Кроме того, в ИСМ приведены требования почвенных микроорганизмов к параметрам мелиоративного режима. Соблюдение требований обеспечит более высокую биологическую активность почвы, так как микроорганизмы являются биоиндикаторами плодородия почвы и регулируют почвообразовательный процесс [5].

Разработанная информационно-коммуникационная система позволяет не только принимать научно – обоснованные решения по проведению агрохимических и мелиоративных мероприятий для повышения урожайности и плодородия почвы, но и управлять почвенными процессами в режиме on-line для получения высоких урожаев качественной растениеводческой продукции, а также стимулировать сельскохозяйственных товаропроизводителей для использования современных автоматизированных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://digital.gov.ru/uploaded/files/natsionalnaya-programmaekonomika-tsifrovaya-federatsii_NcN2nOO.pdf. – Дата доступа: 12.11.2020.
2. Свободная географическая информационная система с открытым кодом QGIS» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qgis.org/ru/site/>, свободный. – Дата доступа: 12.11.2020.
3. Кирейчева, Л. В. Оценка энергетического ресурса основных типов почв Волгоградской области / Л. В. Кирейчева // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 10. – С. 28–32.
4. Пегов, С. А. Моделирование развития экологических систем / С. А. Пегов, П. М. Хомяков. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 222 с.
5. Захарова, О. А. Микробоценоз почвы при разных уровнях антропогенного воздействия / О. А. Захарова, Л. В. Кирейчева, Ю. А. Мажайский. – Рязань, 2020. – 159 с.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЛЬЕФА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ И СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА АГРОЛАНДШАФТОВ

Ф. К. КОШЖАНОВА, магистр с.-х. наук, докторант

НАО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина»,
г. Нур-Султан, Республика Казахстан

В статье рассматривается влияние важнейших экологических элементов рельефа – крутизна склона, экспозиция склона на процесс почвообразования и формирование почвенного покрова в результате изменчивости природно-климатических условий. Формирование почвенного покрова обусловлено закономерностью расположения рельефа в высотной полосе и зонах естественных широт.

Ключевые слова: структура почвенного покрова, рельеф, структурная устойчивость почвы, тип почвы, крутизна склона.

В результате использования сельскохозяйственных земель изменились закономерности развития природных степей. В итоге развития антропогенного воздействия изменился водный режим, растительный покров, почвообразование и основные параметры окружающей среды: атмосфера, рельеф, подземные и поверхностные воды, животный мир, социально-экономическое положение населения [1].

Рельеф имеет большое и многообразное значение в почвообразовании и развитии почвенного покрова [2]. Рельеф выступает как главный фактор перераспределения солнечной радиации и осадков, в зависимости от экспозиции и крутизны склонов и оказывает влияние на водный, тепловой, питательный, окислительно-восстановительный и солевой режим. На формирование различных почв в элементах рельефа наряду с перечисленными явлениями влияет синтез нескольких органических веществ и развитие различных растительных сообществ [3].

Структура почвы оказывает влияние на многие внутренние процессы которые тесно связанные с функцией почвы, например такие как способность удерживать воду, воздухопроницаемость, динамика углерода и азота, разнообразие и активность почвенных микроорганизмов. Поэтому в сельском хозяйстве важное место занимает благоприятная структура почвы или плодородие почвы для сохранения реальной урожайности. Структурная устойчивость почвы является стойким к внешним механическим воздействиям и воздействию воды. Например, в целях поверхностной герметизации и предотвращения образования корки, а также снижения возможности известкования почвы, переноса питательных и загрязняющих веществ

частицами в водную среду из-за эрозии почвы, очень важно поддерживать достаточную структурную устойчивость почвы [4].

По общей закономерности распределения почв мезо-, микроэлементы рельефа зависят от закона топографических рядов почв, и в его окрестностях распределение почв имеет общее значение во всех регионах: в верхних элементах рельефа – автоморфные, в нижних – полугидроморфные и гидроморфные почвы, а в наклонных формах-переходные. Иногда эта закономерность нарушается сменой пород или других местных условий [5].

В природной системе и под влиянием деятельности человека основные параметры рельефа макро-, мезо- и микрорельеф отличаются различной формой. При рассмотрении влияния рельефа на почвообразование и его формирование можно выделить следующие основные показатели: экспозиция склона, степень крутизны склона, длина склона, растительный покров территории.

Территория Казахстана характеризуется специфичностью почвенного покрова в определенном географическом узаконенном и сложном виде.

Значительная часть посевных площадей, расположенных в северном регионе Казахстана, расположена на слабосклонных землях и характеризуется большой протяженностью склонов. Около 33 % посевной площади зерновых культур в Северном Казахстане размещается на склонах более $0,5^\circ$, 75–80 % площадей сельскохозяйственных угодий занимают до 1° , и 12–14 % от 1° до 3° [6].

По технологии возделывания сельскохозяйственных культур в северном регионе территория посевных площадей, расположенных на слабонаклонных землях, которые размещены без учета особенностей рельефа. Учитывая закономерность протекания почвообразующих процессов для улучшения плодородия, повышения качества почв, следует учитывать интенсивность воздействия прямых солнечных лучей по экспозициям территории, что включает в себя тепловое воздействие почвенных слоев.

Относительно солнечная радиация более активна на южных склонах, чем на северных, где происходит формирование мощности гумусового слоя и других свойств почвы. Это, в свою очередь влияет на особенности водно-питательных режимов растений и на процессы почвообразования в результате формирования продуктивности ценозов растений [7].

По данным исследованиям проведенных на агроландшафтах Акмолинской области расположение посевных площадей по крутизне склона выглядит следующим образом: $0,5^\circ$ – 56 %; $0,5-1^\circ$ – 36 %; $1-3^\circ$ – 7 %; 3° – 1 %; $> 0,5^\circ$ – 44 %.

Изменение температуры также связано с крутизной склона, поскольку угол падения солнечных лучей изменяется. Чем круче крутизна склона, тем сильнее он прогревается. На крутых южных склонах зимой не наблюдается постоянного сохранения снежного покрова, а в весенний месяц они прогреваются солнечными лучами. В летний период прогрев слабomощных почв достигает 60–70 °С, а влажность падает на склон только атмосферными осадками, которые иногда испаряются с его поверхности.

Шириной поверхности считается угол падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность. Каждый градус южного склона как бы перемещает это место на 10 градусов географической широты к югу и наоборот, каждый градус северного склона – к северу. Однако крутизна склона не оказывает прямого влияния на географическую широту, так как его влияние наблюдается в местах, где склон близок к температуре. Например, температура понижается на равнинных участках. Тем не менее, зависимость к температуре все еще существует, и можно наблюдать как влияет малозаметный склон на растительность больше, чем на горизонтальную поверхность, потому что эта поверхность больше нагревается солнечными лучами, особенно летом [8].

Длина склона также влияет на почвообразование. Здесь в зависимости от степени интенсивности распространения водотоков и смыв поверхностного слоя большинства почв, происходящие в основном на более длинных склонах, чем на коротких которые образуют большой сток. Из-за максимального накопления кинетической энергии воды она стекает по длинному склону и ее взбалтывание становится более интенсивным, а эрозия увеличивается. В этих случаях большая часть эрозии в почве происходит в средней и нижней части склона. По длине склона поверхностный слой почвенного покрова смывается водотоками, что влияет на изменение основных свойств почв.

Почвенный покров Акмолинской области подчиняется общим законам высотной полосы и природной широтной зональности. Состав основных почвообразующих пород на территории Акмолинской области состоит из делювиальных глин и четвертичных отложений суглинков. Они представляют собой древние породы разного возраста и в основном покрыты соленосными третичными глинами. Образование холмов и почвы рядом с ними считается подвижным продуктом древних пород происходящих в грубой элювии. В мелкосопочниках почвообразующие породы разнообразны, хотя большую часть составляют делювиальные породы содержащие тяжелый механический состав. В самых высоких и расчлененных местах происходит формирование почв в шероховатой элювии, которая возникает в результате смещения и разрушения древних кристаллических пород подавляющего большинства гранитов или

отложений раннего палеозоя (силура) обыкновенных известняков и известковых песчаников. Наибольшим происхождением коренных пород является Кокшетауская возвышенность [9, 10]. По расположению рельефа Акмолинская область составляют 3 основные части: северо-западная-равнина, юго-западная-равнина с отдельными холмами и восточная-возвышенная часть казахской складчатой страны. Северо-западная часть ограничена сухими оврагами и балками состоящими в основном из равнинного плато (прилегающего к долине Ишим, на участке его поворота на север). Юго-западная часть Акмолинской области (южнее реки Ишим) расположена в повышенной равнине. Там, в основном разбросаны несколько холмов с плоскими вершинами, а в низинных местах между холмами расположены мелководные соленые и пресные озера разного размера. В восточной части Акмолинской области – казахская сланцевая, некогда горная часть страны сглаженная процессами разрушения (денудации), где сохранился сложный комплекс с пологим очертанием гор, хребтов и склонов, именуемых мелкопочниками. В целом главным элементом рельефа Акмолинской области являются разбросанные по ее поверхности изолированные сопки и группы высот представляющие собой волнистую равнину.

На равнинной территории Акмолинской области имеется ряд региональных типов почв, подтипов и почвенных родов. Основные типы почв горизонтальной зональности являются черноземами и каштановыми: которые состоят из двух подтипов, черноземы южный и обычный, а ко второму типу каштановых почв относятся подтипы темно-коричневые, светло-коричневые и средне-коричневые. Также в регионе встречаются горные типы почв (почвы вертикальной зональности крутых и наклонных горных склонов) горно-степные соляные (термоксероморфные) горно-бурые и горно-черноземные степи (обыкновенные и южные). Кроме равнинных и горных зональных почв, в этом регионе также широко распространен вид интразональных почв: луговые, пойменные и солончатые. Законность распространения указанных почв не является строго связанным с природной зональностью и могут располагаться в зонах не представляющих себя ни в виде пятен, ни в виде отдельных массивов. На территории Акмолинской области почвенный покров подвержен воздействию высокой комплексности почв, особенно в регионе распространены комплексы солонцовых почв. Механический состав почвообразующих пород и поверхностно расположенные почвенные горизонты относятся к основным показателям определяющим типы почв. Механический состав верхних горизонтов тепловой, водной и пищевой режимов почвы и ряд ее химических, физических, воздухопроницаемых свойств зависят от профиля почвы. При переходе от тяжелых почв к легким объем питательных веществ уменьшается. Например, легкие песчаные и супесчаные почвы

которые хорошо и быстро прогреваются при энергии солнечного света хорошо тают в весенний период и обладают высокой воздухо- и водопроницаемостью. Если в результате высокой аэрации активно минерализуются растительные остатки органических веществ удобрений, то на таких почвах очень снижается активность процесса гумификации. Причиной выщелачивания питательных веществ и удобрений является наличие низкой влажности и это препятствует накоплению влаги. Интенсивность нагрева тяжелых суглинистых, глинистых почв требует длительного времени и из-за слабой водо- и воздухопроницаемости плохо впитывают атмосферные осадки. Почвенная влага и значительная часть некоторых питательных запасов тяжелой почвы недоступны растениям. В период сезонного переувлажнения у них наблюдается нехватка воздуха развиваются процессы гидроморфизма и глееения. Наиболее благоприятным и эффективным считается глинистый тип почвы со средним гранулометрическим составом [11].

Структура почвенного покрова равнинной и горной территории расположенной в Акмолинской области характеризуются по типам почв и их механическому составу, плодородию, разнообразием почв, а также современное состояние могут служить основой для разработки рекомендаций, мероприятий по рациональному использованию земель сельскохозяйственного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестеренко, Ю. М. Водная компонента аридных зон: экологическое и хозяйственное значение / Ю. М. Нестеренко. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – С. 287.
2. Почвоведение / И. С. Кауричев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 83–84.
3. Азаров, Н. К. Избранные труды / Н. К. Азаров; РГКП «Казахский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт зернового хозяйства им. А. И. Бараева». – Алма-Ата, 2001. – С. 4–5.
4. Jianying Qi, Johannes L. Jensen, Bent T. Christensen, Lars J. Munkholm. Soil structural stability following decades of straw incorporation and use of ryegrass cover crops. *Geoderma*, Vol. 406.
5. Почвоведение с основами геологии / А. И. Горбылева [и др.]. – Минск: Новое знание, 2002. – С. 116.
6. Гендельман, М. А. Особенности водной эрозии и борьба с ней в степи Казахстана / М. А. Гендельман, Ю. Л. Лаврентьев, Э. М. Паракшина // *Земледелие*. – 1985. – С. 13–16.
7. Грибов, И. С. Количественная оценка влияния рельефа на формирование почв и структур почвенного покрова агроландшафтов Алтайского Приобья / И. С. Грибов, О. Н. Шторм.
8. Мандельштам, Н. Л. Инсоляция склонов различной экспозиции и крутизны в условиях Саратовской области / Н. Л. Мандельштам // *Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья*. – Саратов, 1966. – С. 122–130.
9. Республика Казахстан. Т. 3: Окружающая среда и экология / под ред. А. Р. Медеу. – 2-е изд. – Алма-Ата, 2010. – С. 134–147.
10. Почвы Казахской ССР. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1983. – С. 238.
11. Агроклиматические ресурсы Акмолинской области. Научно-прикладной справочник. – 2017. – С. 110.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО КАЛИЯ НА ВЫСОКО ОКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

О. Г. КУЛЕШ, канд. с.-х. наук,
О. В. СИМАНКОВ, магистр с.-х. наук,
Е. Г. МЕЗЕНЦЕВА, канд. с.-х. наук, доцент
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

В статье приведены результаты исследований по динамике содержания подвижного калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при применении калий-дефицитных систем удобрения. Установлено положительное влияние внесения органических удобрений на снижение потерь данной формы элемента из почвы.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, подвижный калий, калийные удобрения, органические удобрения.

Две трети площади пашни в Республике Беларусь характеризуются оптимальным или высоким уровнем содержания подвижных форм калия. Хорошоокультуренная дерново-подзолистая почва с оптимальным калийным состоянием обладает высоким потенциалом эффективного плодородия. На такой почве наблюдается стабильно высокая агрономическая эффективность калий-дефицитных систем удобрения [1, 2], которая может проследиваться в течение трех ротаций 6-польного севооборота [3]. Необходимо отметить, что в период 2017–2019 гг. снижение объемов внесения калийных удобрений в Беларуси обусловило смену преобладающего в земледелии положительного баланса калия на дефицит калийного питания растений в ряде районов республики [4]. В таких условиях важно не допустить снижения почвенного плодородия в отношении калия. Поэтому изучение его трансформации в почве, как под влиянием длительного применения удобрений, так и после прекращения их использования представляется актуальным.

Целью исследования была оценка калийного состояния высокоокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на основании изменений содержания подвижной формы данного элемента при применении калий-дефицитных систем удобрения.

Изучение особенностей динамики содержания подвижного калия на дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с очень высоким содержанием подвижного калия проводилось в 2012–2018 гг. в стационарном технологическом опыте, заложенном на полях Института почвоведения и агрохимии, расположенных в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области. Агрохимическая характеристика пахотного слоя

на начало проведения исследований: pH_{KCl} – 6,02–6,33, гумус – 2,07–2,40 %, содержание подвижных P_2O_5 – 736–847, K_2O – 387–449 мг/кг почвы.

Исследования проводили в двух последовательно открывающихся полях в зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: кукуруза на зеленую массу (2013–2014 гг.) – яровая пшеница (2014–2015 гг.) – яровой ячмень (2015–2016 гг.) – яровой рапс (2016–2017 гг.) – озимая пшеница (2017–2018 гг.).

В опыте предусматривалось внесение минеральных удобрений на разных органических фонах согласно схеме опыта (таблица). Органические удобрения – навоз КРС со следующими показателями качества (в среднем за 2 года): N – 0,50 %, P_2O_5 – 0,28 %, K_2O – 0,60 %, CaO – 0,40 %, MgO – 0,12 %, влажность – 75 %, вносились осенью перед посевом кукурузы.

Баланс калия и изменение содержания его подвижных форм в почве за ротацию пятипольного зернопропашного севооборота

Вариант	Вынос, кг/га	Баланс, кг/га	Содержание K_2O , мг/кг почвы			
			*н. р.	с. Р.	к. р.	±
Без удобрений – фон 1	453	–449	396	345	327	–69
Фон 1 + N_{330}	571	–567	398	346	307	–91
Фон 1 + N_{480}	594	–590	401	321	284	–117
Фон 1 + N_{630}	675	–671	387	301	274	–113
Фон 1 + $N_{630}P_{90}K_{195}$	718	–504	400	323	299	–101
Среднее по фону	602	–556	396	327	298	–98
Навоз 50 т/га – фон 2	480	–176	407	401	366	–41
Фон 2 + N_{330}	572	–268	400	375	355	–45
Фон 2 + N_{480}	667	–363	419	393	331	–88
Фон 2 + N_{630}	749	–445	423	377	324	–99
Фон 2 + $N_{630}P_{90}K_{195}$	734	–220	418	404	336	–82
Среднее по фону	640	–294	413	390	342	–71
Навоз 100 т/га – фон 3	586	19	449	461	413	–36
Фон 3 + N_{330}	655	–51	434	461	390	–44
Фон 3 + N_{480}	734	–130	411	435	364	–47
Фон 3 + N_{630}	848	–244	418	399	350	–68
Фон 3 + $N_{630}P_{90}K_{195}$	839	–25	415	430	381	–34
Среднее по фону	732	–86	425	437	380	–46
<i>НСР₀₅ (фон)</i>	–	–	–	36	27	–
<i>НСР₀₅ (н./к. р.)</i>	–	–	–	–	–	20

Примечание: *н. р. – начало ротации севооборота; с. р. – середина ротации; к. р. – конец ротации севооборота.

Перед закладкой опыта (2012, 2013 гг.) в середине ротации (2015, 2016 гг.) и после завершения ротации севооборота (2018, 2019 гг.) проведен отбор смешанных почвенных образцов из пахотного слоя по

делянкам. В образцах определяли содержание подвижного калия по методу Кирсанова в 0,2 М солянокислой вытяжке [5].

Высокоокультуренные дерново-подзолистые почвы способны аккумулировать значительные запасы легкодоступных для растений соединений калия, за счет внесенных в предшествующие годы удобрений. Содержание подвижного калия в почве перед закладкой опыта свидетельствует о высокой обеспеченности растений данным элементом питания (таблица).

Возделывание культур севооборота при использовании калий-дефицитных систем удобрения привело к значительным изменениям данного показателя. Наибольшие потери наблюдались в условиях использования почвенного калия (фон 1). Существенное снижение потерь элемента отмечено при внесении 300 и 600 кг/га калия вместе с 50 и 100 т/га навоза соответственно. Внесение в сумме за ротацию севооборота 195 кг д. в./га минеральных калийных удобрений, ввиду незначительного их количества в сравнении с выносом, составившим в среднем в этих вариантах 764 кг/га, не имело существенного преимущества перед моноазотной системой удобрения.

Достоверное снижение содержания калия отмечается по всем изучаемым фонам. На безнавозном фоне данный показатель снизился на 25 % по отношению к начальному количеству и составил к концу ротации севооборота в среднем по фону 298 мг/кг почвы.

На фонах с применением органических удобрений темпы снижения были ниже, составив 11–17 %. Можно отметить тенденцию увеличения темпов снижения содержания подвижного калия при повышении доз азотных удобрений и соответственно продуктивности севооборота в данных вариантах.

Обращает на себя внимание благоприятное действие навоза на калийное состояние почвы, которое отмечалось в первые три года после его внесения. Так через три года после внесения 600 кг/га калия со 100 т/га навоза отмечалось повышение содержания подвижного калия в данных вариантах в среднем на 12 мг/кг почвы. Внесение половинной дозы навоза и, соответственно калия, позволило снизить темпы падения содержания калия до 23 мг/кг за три года, в то время как на фоне без навоза они составили 69 мг/кг почвы или 23 мг/кг почвы в год.

В дальнейшем на минеральном фоне можно отметить наметившуюся стабилизацию, так как за два года снижение составило 29 мг/кг почвы (15 мг/кг в год). На фонах с применением навоза напротив темпы снижения содержания подвижного калия повысились, составив 29 мг/кг в год на фоне применения 100 т/га навоза и 24 мг/кг при применении 50 т/га навоза. Если на фоне без навоза более низкие темпы снижения содержания подвижного калия можно отчасти объяснить меньшей величиной выноса (вынос калия яровым рапсом и озимой

пшеницей составил в среднем по фону 111 кг/га), то более высокие потери почвенного калия на фоне 100 т/га навоза никак не связаны с выносом, который был даже несколько ниже, чем на фоне с внесением 50 т/га навоза (120 и 125 кг/га соответственно).

На калийное состояние почвы непосредственное влияние оказывает приход элемента с удобрениями, а также отчуждение с урожаем. Эти две величины связывает показатель баланса калия. Положительный баланс указывает на повышение плодородия почвы, а отрицательный – на истощение почвенных запасов калия.

В проведенном опыте на всех изучаемых фонах баланс калия был отрицательным, за исключением варианта с внесением 100 кг/га навоза. На фоне без навоза баланс элемента в среднем составил – 556 кг/га, в то же время потери подвижного калия составили 98 мг/кг почвы или 397 кг/га. Как видно, питание растений калием происходило как за счет подвижных, так и изначально недоступных форм.

При применении 50 т/га навоза снижение запасов подвижного калия (–288 кг/га) было сопоставимо с расчетным балансом данного элемента (–294 кг/га), а при внесении 100 т/га навоза в 2,2 раза превышало баланс, составив 186 кг/га. Таким образом, на фоне с применением 100 т/га навоза можно говорить о значительных непроизводительных потерях калия в подвижной форме, составивших 100 кг/га.

Полученные данные могут свидетельствовать с одной стороны о постоянном пополнении подвижных форм калия из необменных (в противном случае на фонах без навоза и с внесением 50 т/га навоза запасы данной формы элемента были бы полностью исчерпаны всего за пять лет), а с другой – о переходе подвижного калия в формы неизвлекаемые $0,2 \text{ M HCl}$ и вымывании его в нижележащие слои.

Необходимо отметить, что в исследованиях не брался в расчет калий подпахотного слоя почвы, который также участвует в питании растений. Но несмотря на то, что растения используют калий и подпахотного слоя почвы между убылью подвижного калия в пахотном слое и балансом данного элемента обнаружена тесная линейная зависимость, описываемая уравнением $y = 0,5002x - 127,76$, с показателем коэффициента детерминации 0,86.

Таким образом, применение калий-дефицитных систем удобрения на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в течение ротации пятипольного зернопропашного севооборота привело к достоверному снижению содержания подвижного калия на 46–98 мг/кг или 11–25 % на всех изучаемых фонах.

Установлено положительное влияние внесения органических удобрений на калийное состояние почвы, которое прослеживалось в течение трех лет. При применении 100 т/га навоза количество подвижного калия за это время увеличилось на 12 мг/кг почвы (2,8 %), 50 т/га навоза замедлило темпы снижения количества подвижного калия до 23 мг/кг за три года (5,6 %).

Среднегодовые потери подвижного калия на фоне без внесения навоза составили 19,6 мг/кг почвы, на фоне применения 50 т/га навоза – 14,2, 100 т/га навоза – 9,2 мг/кг.

В результате можно заключить, что применение на протяжении ротации севооборота калий-дефицитных систем удобрения на почвах с высоким содержанием подвижного калия ведет к развитию интенсивных деградационных процессов в отношении данного элемента и значительному снижению содержания подвижного калия в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лямцева, Е. Г. Калийное состояние легких дерново-подзолистых почв и его трансформация в современных условиях: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Е. Г. Лямцева; ВГСХА. – Великие Луки, 2007. – 158 с.
2. Воробьев, В. Б. Влияние окультуренности почв, систем удобрения и сорта на урожайность яровых зерновых культур / В. А. Воробьев, Г. В. Гаврилова, О. В. Назарова // Международный сельскохозяйственный журнал. – № 5. – 2017. – С. 28–30.
3. Изменение калийного состояния хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы при применении калий-дефицитной системы удобрения / А. И. Иванов [и др.] // Агрохимия. – 2009. – № 4. – С. 21–26.
4. Динамика обеспеченности калием пахотных и луговых почв Беларуси / И. М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – № 1 (64). – 2020. – С. 104–116.
5. Агрохимия. Практикум: учеб. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.

УДК 631.8:631.452

СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДЕГРАДАЦИИ ЗАЛЕЖНЫХ МЕЛИОРИРУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Ю. А. МАЖАЙСКИЙ, д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник,
А. А. ПАВЛОВ, канд. биол. наук

Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова,
г. Рязань, Российская Федерация

В данной статье приведен анализ проведенного лизиметрического опыта по выявлению влияния гуминового препарата при совместном применении с биогуמוсом при уровне грунтовых вод (далее УГВ) от 0,5 до 1,5 м на свойства залежных почв, а также урожайностью и качественным составом сена.

***Ключевые слова:** гуминовый препарат, биогумум, плодородие, залежные земли, грунтовые воды.*

Стратегия развития прикладной агрохимии в наступившем столетии будет определяться в первую очередь стоимостью применения химических и биологических удобрений, а также продолжающимся ростом народонаселения. Для обеспечения, которого необходимо получение достаточного количества качественных и безопасных продуктов питания с одновременным сохранением почвенного плодородия.

С конца 90-х годов набирает оборот тенденция деградации пахотных земель. Основными причинами чего выступают нерациональное землепользование и невыполнение комплекса агротехнических мероприятий. В результате огромные территории Нечерноземной зоны оказались брошенными, со свободным распространением карантинных сорняков и возбудителей болезней культур, что привело к образованию залежей, зачастую подвергающихся пожарам.

В этой связи большое значение приобретает научный поиск экономически целесообразных приемов освоения залежей Нечерноземной зоны с последующим вовлечением их в сельскохозяйственный оборот.

Изучено три уровня залегания грунтовых вод (далее УГВ): 1,5 м; 1,0; 0,5 м на фоне применения гуминового препарата и биогумуса. Контрольным принят вариант без применения удобрений.

В качестве кормовых культур были использованы смеси вики и овса (с соотношением 1/1) и клевера красного, тимофеевки луговой, ежи сборной (с соотношением 2/1/1).

В качестве удобрений использован гуминовый препарат марки ЭКОРОСТ, с концентрацией гумусовых и фульвокислот 50,1 г/л в виде 0,015 % рабочего раствора и биогумус в дозе внесения 10 т/га с содержанием общего азота 1–1,5 %, органического вещества 40–45 %. Внесение осуществлялось в почву перед посевом. Схема опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1. Варианты опыта

№ п/п	Почва	Вариант
1	Дерново-подзолистая	Контроль
2		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 1,5
3		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 1,0
4		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 0,5
5	Серая лесная	Контроль
6		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 1,5
7		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 1,0
8		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 0,5

Опытно-исследовательская работа выполнена в соответствии с апробированными методическими указаниями по проведению полевых лизиметрических опытов. Математическая обработка данных выполнена в программном комплексе «STATISTICA».

Положительное влияние удобрений при высоком УГВ на питательный режим почвы оказало достоверное влияние и на продуктивность кормовых трав, результаты представлены в табл. 2. На дерново-подзолистой почве, по отношению к контрольному варианту урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси увеличилась на 1413–1489 г/м² (в контроле – 2567 г/м²), выход сена – на 332–351 г/м² (в кон-

троле – 633 г/м²), урожайность зеленой массы многолетних трав увеличилась на 114–296 г/м² (в контроле – 594 г/м²), выход сена – на 27–68 г/м² (в контроле – 149 г/м²). На серой лесной почве, по отношению к контрольному варианту урожайность вико-овсяной смеси зеленой массы увеличилась на 1540–1802 г/м² (в контроле – 2900 г/м²), выход сена – на 370–434 г/м² (в контроле – 715 г/м²), урожайность зеленой массы многолетних трав увеличилась на 88–178 г/м² (в контроле – 720 г/м²), выход сена – на 23–49 г/м² (в контроле – 176 г/м²) (абс.). С увеличением урожайности трав, произошли изменения химического состава. При повышении урожайности, существенно изменялся химический состав сена трав. При влиянии органо-минеральных удобрений и УГВ, на дерново-подзолистой почве содержание сырого протеина в сухом веществе увеличилось с 11,74 в контроле до 13,21–14,15 %, сырого жира с 3,25 до 3,28–3,41 %, сырой золы с 5,92 до 6,64–7,13 %, фосфора с 0,32 до 0,33–0,35 %, кальция с 0,57 до 0,59–0,65 % (абс.).

Таблица 2. Урожайность зеленой массы и сена, в среднем за 2017–2019 гг., г/м²

№ п/п	Почва	Вариант	2017–2019 гг.			
			Вико-овсяная смесь		Многолетние травы	
			Зеленый корм	Сено	Зеленый корм	Сено
1	Дерново-подзолистая	1	2567	633	594	149
2		3980	965	708	176	
3		4056	984	890	217	
4		3631*	898*	733	182	
5	Серая лесная	5	2900	715	720	176
6		4226*	1032*	808	199	
7		4440	1085	835	205	
8		4702	1149	898	225	

*Недостовверное значение, коэффициент значимости $p > 0,05$.

Немного выше влияние органо-минеральных удобрений и УГВ оказало на серой лесной почве. На опытных вариантах в сухом веществе содержание сырого протеина увеличилось с 12,0 в контроле до 13,38–14,71 % на, сырого жира с 3,17 до 3,34–3,51 %, кальция с 0,62 до 0,63–0,69 %, сырой золы с 6,18 до 6,41–7,81 %, фосфора с 0,34 до 0,35–0,38 % соответственно.

Внесение гуминового препарата в сочетании с биогумусом оказало достоверное положительное влияние на показатели плодородия, способствуя активации процессов образования питательных веществ. Накопление продуцируемых нитратов, в большей степени зависело от температурного режима и уровня минерального питания растений, и характеризовало обеспеченность почвы доступным азотом для расте-

ний. За период исследований в дерново-подзолистой почве на варианте без внесения удобрений содержание составило NO_3 – 13,3 мг, с применением удобрений и фиксации разновысокого УГВ – 21,7–24,5 мг на 1 кг почвы, соответственно. Фиксация на 1 м УГВ, повышало концентрацию NO_3 до 24,5 мг на 1 кг. Повышенное влияние было выявлено на серой лесной почве, на варианте без внесения удобрений содержание NO_3 было 16,1 мг, с применением удобрений и установлением разновысокого УГВ – 25,3–27,5 мг на 1 кг почвы. Установление на 0,5 м УГВ, повышало концентрацию NO_3 до 27,5 мг на 1 кг.

Полученные данные свидетельствуют о непосредственном влиянии применяемых удобрений на динамику минерализации нитратного азота. Увеличение темпов этого процесса связано с улучшением почвенных условий, что является важным фактором развития микроорганизмов в почвенном горизонте 0–20 см. Повышенный УГВ усиливало влияние на процессы минерализации азота. При близком залегании грунтовых вод в случае смыкания их с инфильтрационными водами, возможны потери нитратной формы азота. Одновременно в условиях снижения УГВ возможен подъем нитратного азота восходящим током влаги по градиенту концентрации, то есть миграция нитратного азота в большей части зависит от гранулометрического состава, определяющего интенсивность передвижения влаги.

В среднем период исследований, в дерново-подзолистой почве на варианте без внесения удобрений содержание K_2O –60,1 мг, с применением удобрений и установлением разновысокого УГВ – 111,4–119,8 мг на 1 кг. На серой лесной почве на контрольном варианте K_2O – 100,8 мг, с применением удобрений и высоким УГВ 161,1–164,2 мг на 1 кг. В среднем за три года исследований, в дерново-подзолистой почве на варианте без внесения удобрений содержание P_2O_5 –37,1 мг, с применением удобрений и установлением разновысокого УГВ – 71,7–75,7 мг на 1 кг. На серой лесной почве на контрольном варианте K_2O – 79,8 мг, с применением удобрений и высоким УГВ 121,4–124,4 мг на 1 кг.

В состав самих органоминеральных удобрений входит фосфор и калий. Внесение данных дозировок оказало влияние на накопление этих веществ в почве. Повышение УГВ способствует формированию благоприятных условий для образования питательных веществ.

При применении органоминеральных удобрений и установлении высокого УГВ, тем самым изменяя условия увлажнения, повышалась агроэнергетическая эффективность применяемых приемов.

В расчетах были учтены и посчитаны производственные затраты, количество затраченной обменной энергии и полученной с урожаем. Коэффициент энергетической эффективности на дерново-подзолистой почве при контрольном варианте составил 1,9, на варианте с применением органоминеральных удобрений и установлением УГВ 1,0 м, ко-

эффицент составил 2,4. Энергия себестоимости снизилась с 4,6 ГДж/т до 3,8 ГДж/т соответственно. На серой лесной почве коэффициент энергетической эффективности при контрольном варианте составил 2,1, на варианте с применением органоминеральных удобрений и установлением УГВ 0,5 м, коэффициент составил 2,5. Энергия себестоимости снизилась с 4,0 ГДж/т до 3,4 ГДж/т соответственно.

Применение органоминеральных удобрений способствовало увеличению показателей энергетической эффективности, причем высокий УГВ 0,5–1,0 м способствовал данной зависимости. Коэффициент энергетической эффективности увеличился с 1,9 и 2,1 на контрольных вариантах дерново-подзолистой (при УГВ 1,0 м) и серой лесной почвы (при УГВ 0,5 м), до 2,4 и 2,5 ед. соответственно. Таким образом снизилась энергия себестоимости продукции с 4,6 и 4,0 на контрольных вариантах до 3,8 и 3,4 ГДж/т соответственно.

Максимальный экономический эффект был достигнут на вариантах с применением ГЭ в дозе 150 л/га и биогумуса 10 т /га при УГВ 1,0 дерново-подзолистой почве, УГВ 0,5–0,7 на серой лесной почве, условно чистый доход увеличился с 0,92 и 2,04 на контрольных вариантах до 3,63 и 4,71 тыс. руб/га соответственно и прибавка составила 2,71 и 2,67 тыс. руб/га. Уровень рентабельности увеличился с 5,12 и 8,87 на контрольных вариантах до 10,52 и 14,01 %, прибавка составила 5,4 и 5,14 % соответственно.

Проведенные исследования показали, что использование ГЭ в сочетании с биогумусом при близком УГВ оказывает положительное влияние на уровень плодородия почвы при освоении залежных земель. Лучшими результатами обладали варианты применения ГЭ в дозе 150 л/га с биогумусом при внесении в полном объеме в первый год исследований. Причем на дерново-подзолистой влияние УГВ наилучшее при уровне 1,0 м, а на серой-лесной почве при уровне 0,5–0,7.

В целях улучшения основных показателей плодородия почвы, продуктивности и содержания питательных веществ в кормовых травах рекомендуется применять органо-минеральные удобрения в виде гуминового препарата в дозе рабочего раствора 150 л/га (0,015 %) в комплексе с биогумусом в дозе 10 т/га непосредственно перед посевом в почву, при соблюдении общепринятых агротехнических мероприятий по механической обработке почвы с целью сохранения влаги и борьбы с сорной растительностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзыбов, Д. С. Научно-практические основы биологического метода исключения залежной растительности из сукцессионного процесса / Д. С. Дзыбов // Земледелие. – 2016. – № 2. – С. 13–18.

2. Оптимизация параметров почвенных режимов лугов Окской поймы / Ю. А. Мажайский [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2017. – № 3 (32). – С. 3–8.

3. Семенов, Н. А. Райграсс однолетний как индикатор агрогенного воздействия на экологические свойства почвы при возделывании на корм и семена / Н. А. Семенов, В. А. Золотарев, А. Н. Снитко // Вестник ТГУ. – 2014. – № 19 (5). – С. 34–35.

4. Чердакова, А. С. Экологическая оценка влияния различных гуминовых препаратов на состояние техногенно-измененных серых лесных почв: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / А. С. Чердакова. – Рязань, 2016. – С. 71–80.

5. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2016 году. – М., 2017. – 220 с.

УДК 635.12:641.1

ЧИПСЫ ИЗ КОРНЕПЛОДОВ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА СЕЛЬДЕРЕЙНЫЕ (*APIACEAE*) В КАЧЕСТВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

А. И. МОЛДОВАН,
Н. А. ГОЛУБКИНА, д-р с.-х. наук,
В. А. ХАРЧЕНКО, канд. с.-х. наук

ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»,
пос. ВНИИССОК, Российская Федерация

Овощные чипсы очень популярны благодаря высокому содержанию антиоксидантов и полифенолов, биологической ценности и долгому периоду хранения. Выбран оптимальный способ сушки и исследована динамика сохранности антиоксидантов и полифенолов в чипсах из корнеплодов сельдерея, петрушки и пастернака.

Ключевые слова: чипсы, сельдерея, петрушка, пастернак, антиоксиданты.

Интенсивный ритм жизни, в то же время потребность людей в более здоровой и питательной пище требует создание альтернативных продуктов питания с высоким содержанием антиоксидантов, долгим сроком хранения и сохранностью вкусовых и питательных качеств. Такой альтернативой могут стать чипсы из корнеплодов сельдерея (*Apium graveolens L.*), петрушки (*Petroselinum crispum L.*) и пастернака (*Pastinaca sativa L.*), относящихся к семейству *Apiaceae*. Эти растения ценятся во всем мире за свои вкусовые, лечебные и ароматические свойства. В свежем виде корнеплоды добавляют в супы, тушеные блюда и соленья, высушенные и измельченные до порошкообразного состояния – в различные приправы и маринады. Потребление корнеплодов этих растений уменьшают риск раковых заболеваний [1], стабилизируют артериальное давление, способствуют нормализации сперматогенеза [2].

Сегодня чипсы из корнеплодов сельдерея, петрушки и пастернака не имеют производственного масштаба. Китайская компания SunMax производит чипсы из черешков сельдерея, приправленные солью. До-

стоверно известно, что уровень антиоксидантов и полифенолов в корнеплодах сельдерея в 1,3 раза выше по сравнению с черешками [3], что обуславливает перспективность и ценность использования в качестве снеков именно корнеплодов.

Цель исследования заключалась в оценке антиоксидантного статуса чипсов из корнеплодов сельдерея, петрушки и пастернака, выборе оптимальных способов сушки с максимальным сохранением антиоксидантов, а также вкусовых и ароматических качеств полученной продукции.

Объектами исследования стали чипсы из корнеплодов сельдерея (сорта Егор и Добрыня), пастернака (сорта Круглый, Белый Аист, Жемчуг), петрушки (сорт Золушка). Изначально было определено содержание антиоксидантов, полифенолов, аскорбиновой кислоты в свежих корнеплодах. Чипсы были получены путем конвекционной и лиофильной сушки.

Уровень аскорбиновой кислоты определяли методом визуального титрования 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия.

Содержание полифенолов устанавливали спектрофотометрически с использованием реактива Фолина-Чокалтеу на спиртовых экстрактах высушенных растений (70 % этанол, 80 °С, 1 час). В качестве стандарта применяли галловую кислоту. Результаты определения выражали в мг-экв галловой кислоты/г с. м. (мг-экв ГК/г с. м.).

Уровень антиоксидантной активности (АОА) определяли титрометрически с использованием 0.01 N раствора перманганата калия (Голубкина и др., 2020).

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием статистической программы Excel. Для определения достоверности различий значений применяли критерий Стьюдента.

Сохранность антиоксидантов и полифенолов после сушки.

Сравнительная оценка сохранности антиоксидантов и полифенолов двумя способами сушки выявила, что конвекционная сушка позволяет сохранить до 100 % антиоксидантов, в то время как при лиофильной сушке сохранность антиоксидантов варьировала от 61 % (пастернак Круглый) до 92 % (петрушка Золушка). Сохранность полифенолов при конвекционной сушке составила 80,2–98,1 % для чипсов из корнеплодов сельдерея и петрушки и 65,5–78,9 % из корнеплодов пастернака (табл. 1). При лиофильной сушке этот показатель несколько ниже для чипсов из корнеплодов сельдерея (80,2–91,1 %) и пастернака (56,9–62,1).

Чипсы из корнеплодов сельдерея содержат в 1,2 раза больше антиоксидантов по сравнению с чипсами из корнеплодов петрушки и в 1,3 раза по сравнению с чипсами из корнеплодов пастернака при сушке конвекционным методом, что объясняется исходным повышенным содержанием антиоксидантов в корнеплодах сельдерея.

Таблица 1. Содержание полифенолов и уровень общей антиоксидантной активности в чипсах при использовании конвекционной и лиофильной сушки (мг-экв ГК/г с. м.)

Вид	Сорт	АОА			Полифенолы		
		Исх.	Леоф.	Конв.	Исх.	Леоф.	Конв.
Сельдерей	Егор	17.5a	12.8a	17.3a	7.9a	7.2a	7.5a
	Добрыня	17.9a	15.8a	17.7a	12.6b	10.1c	10.1c
Пастернак	Круглый	13.3a	8.1b	13.6a	5.7a	3.5b	4.5c
	Белый Аист	12.6a	8.3b	12.7a	5.8b	3.3b	3.9b
	Жемчуг	12.5a	8.4b	12.8a	5.8a	3.6b	3.8b
Петрушка	Золушка	14.5c	13.3a	14.6c	5.2a	5.2a	5.1a

*Значения в рядах с одинаковыми индексами для АОА и полифенолов и видов статистически не различаются.

Аскорбиновая кислота защищает клетки человека от повреждений свободными радикалами, что в значительной степени способствует предотвращению возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и рака (Sharek et al., 2017). Корнеплоды петрушки характеризуется высоким содержанием аскорбиновой кислоты – 750 мг/100 г с. м.

Сохранность витамина С после лиофильной сушки равняется 72–96 % в зависимости от культуры, а конвекционным – 55–88 % (табл. 2).

Таблица 2. Содержание аскорбиновой кислоты в чипсах при использовании конвекционной и лиофильной сушки

Вид	Сорт	Исх. содержание	Метод сушки	АК (мг/100 г с. м.)
Сельдерей	Егор	195	Леоф.	186
			Конв.	172
	Добрыня	198	Леоф.	186
			Конв.	131
Пастернак	Круглый	214	Леоф.	152
			Конв.	146
	Белый Аист	262	Леоф.	227
			Конв.	206
	Жемчуг	205	Леоф.	180
			Конв.	176
Петрушка	Золушка	750	Леоф.	581
			Конв.	416

У петрушки особенно видно различие в сохранности аскорбиновой кислоты в чипсах, полученных различными способами. Так, при конвекционной сушки сохранилось 55 % аскорбиновой кислоты от исходного содержания в свежих корнеплодах, а при лиофильной сушке – 77 %. Нами выявлено, что лиофильная сушка обеспечила максимальную сохранность вкуса, ароматических свойств, а также витамина С, в

чипсах из корнеплодов сельдерея, пастернака и петрушки, из-за чего мы рекомендуем именно этот способ сушки для получения овощных чипсов. Такие чипсы являются функциональным продуктом питания с высоким содержанием антиоксидантов, полифенолов и аскорбиновой кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bogucka-Kocka A., Smolarz H. D., Kocki J. Apoptotic activities of ethanol extracts from some Apiaceae on human leukaemia cell lines. *Fitoterapia*. Vol. 79(7–8), 2008, pp. 487–497. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2008.07.002>.

2. Kooti W., Daraei N. A Review of the Antioxidant Activity of Celery (*Apium graveolens* L). *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine* 22(4), 2017, pp. 1029–1034. <https://doi.org/10.1177/2156587217717415>.

3. Golubkina, N.A.; Kharchenko, V.A.; Moldovan, A.I.; Koshevarov, A.A.; Zamana, S.; Nadezhkin, S.; Soldatenko, A.; Sekara, A.; Tallarita, A.; Caruso, G. Yield, Growth, Quality, Biochemical Characteristics and Elemental Composition of Plant Parts of Celery Leafy, Stalk and Root Types Grown in the Northern Hemisphere. *Plants* 2020, 9, 484. <https://doi.org/10.3390/plants9040484>.

УДК 631.422(476.4)

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПАХОТНЫХ ПОЧВ ОАО «АЛЕКСАНДРИЙСКОЕ» ШКЛОВСКОГО РАЙОНА В ПРОЦЕССЕ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

О. В. МУРЗОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
Л. Ю. КУДРЯЧЕВА, студентка

УО «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Определена качественная оценка и изменение степени окультуренности пахотных дерново-подзолистых почв ОАО «Александрийское» в процессе сельскохозяйственного использования.

Ключевые слова: почва, бонитировка, балл, урожайность, севооборот, степень окультуренности, поправочные коэффициенты, рентабельность.

Успех сельскохозяйственного производства зависит от того, насколько эффективно используются земельные ресурсы, сохраняется и повышается плодородие почв. Рациональное использование земельных ресурсов невозможно без знания почвенного покрова территории, его научного количественного и качественного учета. В связи с этим важное значение имеет качественная оценка почв, или бонитировка.

Основными критериями, по которым в этих циклах установлена балльная оценка почв, являются их природные и приобретенные в ре-

зультате антропогенного воздействия свойства, наиболее тесно коррелирующие с урожайностью основных сельскохозяйственных культур. Обработка урожайных данных, полученных на контрольных делянках полевых опытов с удобрениями Геосети, ОПИСХ, ГСУ, показала, что плодородие почв республики тесно связано со свойствами, определяющими их типовые, подтиповые и родовые различия. Внутри типа сильное влияние на продуктивность культур оказывает гранулометрический состав и характер строения почвообразующих пород.

Данные бонитировки почв являются составной частью государственного земельного кадастра и служат целям организации эффективного использования земель и их охраны, планирования хозяйственной деятельности, размещения и специализации сельскохозяйственного производства, мелиорации и химизации сельского хозяйства [1].

ОАО «Александрийское» образовано в соответствии с решением Могилевского облисполкома от 17 июня 2005 г. № 14-6 путем слияния в 2005 году ЗАО «Утичье» и ЗАО «Александрийское».

Площадь сельскохозяйственных угодий за 2020 год составила – 14241 га, в том числе пашни – 10700 га, сенокосы – 2713 га, пастбища – 1011 га, многолетних насаждений – 285 га и прочих угодий – 1330 га соответственно.

Важнейшим видом ресурсов в сельскохозяйственном производстве, является земля. От того, насколько эффективно используются земельные ресурсы, зависит эффективность работы всего предприятия. На территории хозяйства ОАО «Александрийское» Шкловского района Могилевской области встречаются 8 типов почв и 134 разновидности. На пашне наиболее распространены дерново-подзолистые почвы, которые занимают 8059,5 га пашни. Наименьшее распространение получили аллювиальные болотные почвы – 0,07 га пашни. Совсем не получили распространения на пашне-антропогенно-преобразованные почвы.

По гранулометрическому составу наибольшее распространение имеют легкосуглинистые почвы, которые занимают 12229,88 га на общей площади и 8900,88 га на пашне. Связносупесчаные – 2468,66 га на общей площади и 1410,37 га на пашне. Рыхлосупесчаные – 576,26 га на общей площади и 135,96 га на пашне. Связнопесчаные – 263,7 га на общей площади и 245,43 га на пашне. Наименьшее распространение получили торфяные – 187,5 га на общей площади и 7,36 га на пашне [2].

Наибольшую площадь в 1943,37 га занимают дерново-палево-подзолистые легкосуглинистые почвы, развивающиеся на лессовидных суглинках, подстилаемых моренными суглинками с глубины 0,85 м, с прослойкой песка на контакте. По степени кислотности данная почва относится к 4-й группе и составляет 5,82 (слабокислая реакция среды). Содержание гумуса в пахотном горизонте составляет –

2,04 % (повышенное). Содержание P_2O_5 и K_2O в пахотном горизонте (226 мг/кг и 214 мг/кг почвы) обеспечивает повышенное содержание подвижных форм фосфора и калия в почве, которое относится к 4-й группе.

Исходный балл данной почвы в хозяйстве составил 66,2. Учитывая поправочные коэффициенты на климат Могилевской области Шкловского района (0,87) и поправочные коэффициенты на окультуренность (0,87) балл фактический составил 58,8.

Качественная оценка почв хозяйства дала возможность определить набор сельскохозяйственных культур наиболее пригодных для выращивания на данной почве. Учитывая балльную оценку почвы и ассортимент сельскохозяйственных культур, возделываемых в хозяйстве, рекомендуется хозяйству следующий севооборот: Ячмень + Клевер – Клевер – Озимая пшеница – Кукуруза з/м – Озимый рапс.

Заключение. Насыщенность минеральными удобрениями в предлагаемом севообороте составляет 192,4 кг/га, в том числе азота – 80,6, фосфора – 39,8 и калия – 72,0 кг/га, органическими – 14 т/га. Это позволяет получить следующую урожайность: ячмень + клевер (40,6 ц/га), клевер (277,8 ц/га), озимая пшеница (49,0 ц/га), кукуруза на з/м (368,6 ц/га), озимый рапс (27,1 ц/га).

Расчет экономической эффективности показал целесообразность предполагаемых мероприятий. Условный чистый доход на 1 га составит 79,55 руб., а уровень рентабельности производства – 16,6 % [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Почвоведение. Качественная оценка (бонитировка) почв: метод. указания к лабораторно-практическим занятиям / Т. Ф. Персикова [и др.]. – Горки, 2021. – 42 с.
2. Почвенный очерк ОАО «Александрийское» Шкловского района Могилевской области, Могилев, 2011.
3. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ УРБАНОЗЕМОВ г. ГОРКИ

Т. Н. МЫСЛЫВА, д-р с.-х. наук, доцент
УО «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

О. Н. ЛЕВШУК, ст. преподаватель
Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь

Рассмотрены особенности выполнения прогнозирования пространственного распределения загрязнения Cu, Zn, Mn, Pb и Cd почвенного покрова в пределах урбоэкосистемы г. Горки посредством геоинформационного моделирования с применением метода кригинга и установлены оптимальные параметры геоинформационных моделей.

Ключевые слова: моделирование, загрязнение, тяжелые металлы, кригинг.

Техногенное загрязнение окружающей природной среды вследствие воздействия промышленных эмиссий поллютантов, прежде всего тяжелых металлов, является одной из основных причин ухудшения качества почв в пределах агро- и урболандшафтов [1]. Применение методов геопространственного моделирования позволяет идентифицировать неоднородности загрязнения тяжелыми металлами в пределах территории интереса и определить особенности их пространственного распределения [2]. Для выполнения прогноза и визуализации пространственного распределения содержания в почве химических элементов используются как детерминированные, так и геостатистические методы интерполяции. Чтобы получить максимально точный прогноз пространственного распределения того либо иного элемента необходимо подобрать оптимальный метод интерполяции, а также параметры прогнозной модели.

Целью исследования стало выполнение моделирования пространственного распределения меди, цинка, марганца, свинца и кадмия в урбаноземах в пределах территории индивидуальной жилой застройки г. Горки Могилевской области. Для достижения поставленной цели исследования решались следующие задачи: 1) определение уровня содержания кислоторастворимых форм Cu, Zn, Mn, Pb и Cd в урбаноземах на территории г. Горки; 2) проведение разведочного геостатистического анализа и определение оптимального метода интерполяции для создания моделей пространственного распределения загрязнения почвы тяжелыми металлами; 3) выполнение кросс-валидации и подбор оптимальных параметров для геостатистических прогнозных моделей.

Построение интерполированных поверхностей выполняли посредством применения функциональных возможностей модуля Geostatistical Analyst программного продукта ArcGIS версии 10.5. Для оценки и сопоставления характеристик различных методов интерполяции использовался метод перекрестной проверки или кросс-валидации. Точность методов интерполяции определяли по величине средней ошибки (ME), среднеквадратичной ошибки (RMSE), средней нормированной ошибки (MSE), средней стандартизированной ошибки (ASE) и среднеквадратичной нормированной ошибки (RMSS).

Исследования выполнялись в 2017–2021 гг. на территории микрорайонов «Заречье», «Слобода» и «Академия», а также садовых товариществ «Труд», «Иваново», «Яблонька», «Верхнее озеро» и «Садовод», находящихся в пределах административной границы г. Горки в зоне индивидуальной жилищной застройки. Определение содержания тяжелых металлов в урбаноземах выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе SOLAAR S Series AA фирмы Thermo Scientific (США) (экстрагирование производили 1н H₂SO₄). Информация о статистических характеристиках выборки данных о содержании тяжелых металлов в почве представлена в табл. 1.

Таблица 1. Статистические характеристики выборки данных о содержании тяжелых металлов в урбаноземах, мг/кг, n = 100

Название элемента	Статистическая характеристика показателя				
	min	max	mid	Sd	Cv, %
Медь	3,17	35,35	9,38	6,07	64,7
Цинк	7,36	648,27	125,8	173,58	137,9
Марганец	144,1	605,4	316,5	96,8	30,6
Свинец	3,21	84,68	15,24	17,75	116,47
Кадмий	0,001	1,10	0,21	0,20	95,24

Примечание: min – минимальное значение; max – максимальное значение; mid – среднее значение; Sd – среднеквадратическое отклонение; Cv – коэффициент вариации; med – медианное значение.

Для создания оптимальных интерполированных поверхностей, используемых для моделирования пространственного распределения тяжелых металлов в почве, оценивали эффективность применения геостатистических методов интерполяции. Данные методы используют статистические свойства значений в точках, а не их абсолютные значения. Базовой геостатистической моделью, которая в том или ином виде используется во всех методах геостатистики, является кригинг (*kriging*) – линейный интерполятор, использующий для получения оценки значения функции в некоторой точке пространства экспериментально измеренные значения этой функции в других точках [3]. Прогнозирование простран-

ственного распределения в почве Cu, Zn, Mn, Pb и Cd выполнялось с применением следующих геостатистических методов: обычного кригинга (ОК), универсального кригинга (УК) и эмпирического байесовского кригинга (ЕВК). Выбор для исследований именно этих методов интерполяции был обусловлен результатами выполнения предварительного анализа геопространственных данных о содержании тяжелых металлов в урбаноземах в пределах территории интереса. В частности, по результатам разведочного геостатистического анализа установлено, что выборки данных о содержании в почве кислоторастворимых форм Cu, Zn, Mn, Pb и Cd распределены не нормально и требуют предварительного логарифмического преобразования перед выполнением моделирования их пространственного распределения. Также было идентифицировано наличие пространственных трендов в распределении данных о содержании тяжелых металлов, описываемых полиномами второй степени.

Анализ вариограмм геопространственной структуры данных о содержании кислоторастворимых меди, цинка, марганца, свинца и кадмия свидетельствует о том, что для моделирования пространственного распределения в урбаноземах к таким данным могут быть применимы методы геостатистического анализа, в частности методы кригинга, базирующиеся на использовании для построения поверхности статистических свойств измеренных значений, а не их абсолютных показателей.

После выполнения процедуры кросс-валидации наилучшие результаты при прогнозировании пространственного распределения меди и свинца были получены при применении ординарного кригинга, цинка – эмпирического байесовского кригинга, марганца и кадмия – универсального кригинга (табл. 2).

Таблица 2. Результаты кросс-валидации прогнозных моделей пространственного распределения тяжелых металлов в урбаноземах г. Горки

Название метода	ME	RMSE	MSE	RMSSE	ASE
Медь					
Кригинг одинарный	-0,041	5,573	-0,020	1,119	4,822
Цинк					
Кригинг эмпирический байесовский	-0,4329	167,33	-0,0037	1,001	165,35
Марганец					
Кригинг универсальный	0,8025	91,239	0,0051	1,020	89,804
Свинец					
Кригинг одинарный	-0,188	18,366	-0,008	1,150	15,749
Кадмий					
Кригинг универсальный	-0,0034	0,227	-0,0094	1,154	0,194

Параметры модели ординарного кригинга, использованной для создания растровой поверхности пространственного распределения со-

держания в почве кислоторастворимой меди следующие: преобразование данных – логарифмическое; порядок удаления тренда – нет; величина лага – 500 м; модель вариограммы – экспоненциальная; самородок – 0,1096; частичный порог – 0,1769.

Для характеристики пространственной зависимости значений содержания Cu в почве рассчитывалось отношение дисперсии самородка модели ординарного кригинга к дисперсии порога: $c_0 / (c_0 + c_1)$. Величина данного отношения менее 25 % указывает на сильную пространственную зависимость, более 75 % – на слабую пространственную зависимость; при $25 \% < c_0 / (c_0 + c_1) < 75 \%$ пространственная зависимость является умеренной [4]. Данный показатель составил 28,7 %, что свидетельствует о наличии умеренной пространственной зависимости распределения меди в урбаногемах исследованной территории.

Параметры модели эмпирического байесовского кригинга, использованной для создания растровой поверхности пространственного распределения содержания в почве кислоторастворимого Zn следующие: тип модели вариограммы – степенная: $\gamma(h) = \text{Nugget} + b|h|^\alpha$ (самородок (Nugget) и уклон (b) – положительные значения, а α (степень) принимает значения в диапазоне от 0,25 до 1,49); коэффициент перекрытия – 2; тип окружности поиска – обычная окружность.

Параметры модели универсального кригинга, использованной для создания растровой поверхности пространственного распределения содержания в почве кислоторастворимого Mn имеют следующие значения: порядок удаления тренда – константа; величина лага – 1530 м; функция ядра – экспоненциальная; модель вариограммы – устойчивая; параметр модели – 1,28; самородок – 4505,549; частичный порог – 6885,643.

Параметры модели ординарного кригинга, использованной для создания растровой поверхности пространственного распределения содержания в почве кислоторастворимого Pb следующие: порядок удаления тренда – нет; величина лага – 177,88 м; модель вариограммы – экспоненциальная; тип модели вариограммы – устойчивая; параметр модели – 2,0; самородок – 198,308; частичный порог – 179,641. Для характеристики пространственной зависимости значений содержания кислоторастворимого свинца в почве рассчитывалось отношение дисперсии самородка модели ординарного кригинга к дисперсии порога. Данный показатель составил 52,47 %, что свидетельствует о наличии умеренной пространственной зависимости распределения свинца в урбаногемах исследованной территории.

Параметры модели универсального кригинга, использованной для создания растровой поверхности пространственного распределения содержания в почве кислоторастворимого Cd следующие: порядок удаления тренда – константа; величина лага – 1530 м; функция ядра –

экспоненциальная; модель вариограммы – устойчивая; параметр модели – 0,947; самородок – 0; частичный порог – 0,054.

По результатам выполненного моделирования установлено, что пространственное распределение тяжелых металлов имеет неравномерный мозаичный характер, свидетельствующий о наличии значительного количества локальных источников загрязнения техногенного происхождения урбаноземов на территории г. Горки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мыслива, Т. М. Важкі метали в лісоаграрних ландшафтах Житомирського Полісся / Т. М. Мыслива, В. А. Трємбїцький, Л. Л. Довбиш // *Агрохімія і ґрунтознавство*. – Спец. вип. – 2006. – С. 260–263.

2. Мыслива Т. Н. Кластеризация данных о содержании кислоторастворимых форм тяжелых металлов в пределах территории города Горки / Т. Н. Мыслива, О. Н. Левшук // *Вестник БГСХА*. – 2020. – № 4. – С. 143–147.

3. Демьянов, В. В. Геостатистика: теория и практика / В. В. Демьянов, Е. А. Савельева; под ред. Р. В. Арутюняна; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М.: Наука, 2010. – 327 с.

4. Kovalevskiy, E. Geological modelling on the base of geostatistics / E. Kovalevskiy. – EAGE, 2011. – 122 с.

УДК 632.15:633.15(476-18)

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. В. ПАПСУЕВ, ст. преподаватель,
Ю. А. МИРЕНКОВ, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В статье представлены результаты полевого обследования посевов кукурузы. Установлено, что наиболее распространенными в посевах данной культуры в северо-восточной части Республики Беларусь являются марь белая, куриное просо, ромашка непахучая, редька дикая, пырей ползучий.

Ключевые слова: сорные растения, северо-восточная часть Беларуси, марь белая, куриное просо, ромашка непахучая, редька дикая, пырей ползучий, однолетние сорняки, многолетние сорняки.

Борьба с сорными растениями – одна из проблем, которая еще долго будут стоять перед сельскохозяйственным производством, в том числе в высокоразвитых странах.

Основной причиной этого является целый ряд факторов. Это широкое распространение и большое разнообразие видов сорных растений

(в мире насчитывается более 30 тысяч видов сорняков), большой запас семян сорняков в почве, очень высокая их конкурентоспособность и приспособляемость к технологиям по возделыванию сельскохозяйственных культур.

По данным института экспериментальной ботаники, в нашей стране встречается более 300 видов сорных растений, среди них малолетние сорняки – 122 вида (в том числе эфемеры – 2, яровые – 67, озимые – 4, зимующие – 43, полупаразитные – 2, паразитные – 4), многолетние – 52 вида. На землях, которые вовлечены в севооборот и подвергаются вспашке – 174 вида, из них наиболее распространены и произрастают на землях сельскохозяйственного пользования до 40 видов [1].

В мировом масштабе при средней засоренности полей потери от сорных растений составляют 10–12 % валового урожая зерновых культур и льна, 12–15 % кукурузы и подсолнечника, 8–10 % – хлопка и сахарной свеклы, 6–10 % – овощей и картофеля, 18–20 % – многолетних трав, 6–7 % – плодов и ягод. На сильно засоренных полях урожай снижается в 1,5–2 раза [2].

По данным маршрутного обследования РУП «Институт защиты растений», наиболее встречаемыми в посевах кукурузы на фоне минеральных удобрений были (% встречаемости): пырей ползучий – 71,9, горец вьюнковый – 71,9, фиалка полевая – 65,6, просо куриное – 59,4, марь белая – 59,4, трехреберник непахучий – 59,4, пастушья сумка – 53,1 % [3].

Уровень видового разнообразия сорных растений обуславливает во многом эффективность применяемых для борьбы с ними агроприемов, которые направлены на регулирование их вредоносности в посевах сельскохозяйственных культур до принятого экономического порога вредоносности сорняков.

Целью наших исследований было определение видового разнообразия и распространенности сорных растений в посевах кукурузы в северо-восточной части нашей страны.

Исследования проводились по общепринятой методике [3, 4]. По собеседованиям с агрономами хозяйств определялась обработка почвы на каждом поле. Согласно методике исследований, на полях площадью до 50 га рамка накладывалась в 5 точках, от 51 до 100 га – в 10, свыше 100 га – в 20 точках. Исследования проводились на площади 900 га. Результаты обследования полей по встречаемости сорняков представлены в таблице.

Частота встречаемости сорных растений в посевах кукурузы в северо-восточной части Республики Беларусь

Наименование сорняков	Встречаемость, %	В т. ч. в обилии 3 и 4 балла
Марь белая (<i>Chenopodium album</i>)	66,6	50,0
Просо куриное (<i>Echinochloa crusgalli</i>)	66,6	50,0
Ромашка непахучая (<i>Matricaria inodora</i>)	66,6	50,0
Редька дикая (<i>Raphanus raphanistrum</i>)	58,3	33,3
Пырей ползучий (<i>Elytrigia repens</i>)	58,3	33,3
Фиалка полевая (<i>Viola arvensis</i>)	58,3	33,3
Пикульник обыкновенный (<i>Galeopsis tetrahit</i>)	58,3	–
Осот полевой (<i>Sonchus arvensis</i>)	58,3	–
Горец птичий (<i>Polygonum aviculare</i>)	41,6	33,3
Пастушья сумка (<i>Capsella bursa-pastoris</i>)	41,6	25,0
Горец вьюнковый (<i>Polygonum convolvulus</i>)	41,6	25,0
Ярутка полевая (<i>Thlaspi arvense</i>)	41,6	50,0
Вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis</i>)	33,3	–
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i>)	25,0	–
Незабудка полевая (<i>Myosotis arvense</i>)	25,0	33,3
Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i>)	16,6	–
Галинсога мелкоцветная (<i>Galinsoga parviflora</i>)	16,6	8,3
Дрема белая (<i>Melandrium album</i>)	16,6	8,3
Звездчатка средняя (<i>Stellaria media</i>)	16,6	33,3
Куколь обыкновенный (<i>Agrostemma githago</i>)	16,6	16,6
Щирица запрокинутая (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	16,6	8,3
Чистец полевой (<i>Stachys arvensis</i>)	16,6	–
Гусиная лапка (<i>Potentilla anserina</i>)	8,3	–
Подмаренник цепкий (<i>Galium aparine</i>)	8,3	–

Как показали проведенные нами исследования, наиболее часто встречаются в посевах кукурузы следующие сорные растения (по убывающей):

– однолетние яровые: марь белая, просо куриное, редька дикая, пикульник обыкновенный, горец птичий, горец вьюнковый, галинсога мелкоцветная, звездчатка средняя, щирица запрокинутая, чистец полевой;

– зимующие и озимые: ромашка непахучая, фиалка полевая, пастушья сумка, ярутка полевая, незабудка полевая, куколь обыкновенный, подмаренник цепкий;

– многолетние стержнекорневые: одуванчик лекарственный, дрема белая;

– корневищные: пырей ползучий;

– корнеотпрысковые: осот полевой, вьюнок полевой, бодяк полевой;

– многолетние ползучие: гусиная лапка.

В посевах кукурузы наиболее обильны и наносят максимальный ущерб в северо-восточной части страны: марь белая, просо куриное,

ромашка непахучая, ярутка полевая, редька дикая, пырей ползучий, фиалка полевая, горец птичий, незабудка полевая, звездчатка средняя, пастушья сумка, горец вьюнковый.

Для усовершенствования систем применения гербицидов в посевах кукурузы необходимо обратить внимание на решение следующих моментов:

- проводить ротацию гербицидов для снижения устойчивости сорных растений;
- совершенствовать сроки, способы, нормы расхода препаратов с учетом экономического порога вредоносности сорных растений;
- при применении гербицидов учитывать сортовую чувствительность культуры;
- изучать закономерности смены видового состава сорняков в зависимости от приемов обработки и применяемых гербицидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Протасов, Н. И. Гербициды в интенсивном земледелии: учеб. пособие / Н. И. Протасов. – Минск: Ураджай, 1988. – 232 с.
2. Фисюнов, А. В. Сорные растения / А. В. Фисюнов. – М.: Колос, 1984. – 320 с.
3. Сорные растения и совершенствование химического метода борьбы с ними в посевах кукурузы / А. В. Шашкевич [и др.]; Ин-т защиты растений. – Минск: Колорград, 2020. – 316 с.
4. Земледелие. Задания и методические указания для практических занятий и самостоятельной работы / А. А. Шелюто [и др.]. – Горки, 1991. – 21 с.

УДК 631.675.2

ОСОБЕННОСТИ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ НЕОДНОРОДНЫХ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

И. А. РОМАНОВ, ассистент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Орошение на участках с пестрым гранулометрическим составом требует учета особенностей почвенно-гидрологических констант и установление особого режима орошения для каждой почвенной разновидности. В статье приведены рекомендации по организации режима орошения с учетом почвенных различий.

Ключевые слова: водный баланс, орошение, почва, внутривидовой сток.

Территория Республики Беларусь характеризуется неустойчивым естественным увлажнением. Для нее характерны частые как засушливые периоды, так и периоды с затяжными обильными дождями. В таких условиях регулирование водного режима почв с помощью ороше-

ния позволяет не допустить снижение влагозапасов почвы ниже оптимальных для растений границ [1].

Для планирования поливов необходимо знать, когда и сколько нужно подать воды на орошаемый участок. Для определения сроков полива могут использоваться различные методы, но наибольшее распространение из них получил метод водного баланса.

Суть данного метода заключается в точном определении количества приходных (атмосферные осадки, поливы) и расходных (эвапотранспирация, поверхностный и внутрпочвенный сток) характеристик водного баланса, и последовательный расчет данного баланса с учетом начальной влажности почвы [2, 3].

На орошаемых полях, имеющих однородную почвенную структуру (гранулометрический состав) с выраженным равнинным рельефом местности, данный метод отлично работает. Так как почвенно-гидрологические константы (например, наименьшая влагоемкость) на всем участке орошения имеют одинаковую величину. Однако характерной чертой почв Республики Беларусь является их высокая пестрота и неоднородность, причем величина неоднородности орошаемого поля растет с увеличением площади орошаемого участка [4].

В таких условиях на разных участках сельскохозяйственного поля величина наименьшей влагоемкости, являющаяся важным элементом режима орошения, имеет разные величины. В табл. 1 приведены значения наименьшей влагоемкости в зависимости от гранулометрического состава почвы.

Таблица 1. Средние значения наименьшая влагоемкость почвы в зависимости от гранулометрического состава

Слой почвы, см	$W_{\text{нв}}$ песчаной почвы, мм	$W_{\text{нв}}$ супесчаной почвы, мм	$W_{\text{нв}}$ суглинистой почвы, мм	$W_{\text{нв}}$ глинистой почвы, мм
0–30	50	80	110	125
0–40	62	105	145	165
0–50	75	135	180	210

Анализ табл. 1 показывает, что значение наименьшей влагоемкости в зависимости от типа почв может различаться в 1,5 и более раз. Это приводит к тому, что влажность почвы на таких полях также существенно различается.

В качестве примера приведем фрагмент расчета водного баланса почвы на начало вегетационного периода для многолетних трав и слоя почвы 0–50 см для песчаной, супесчаной, суглинистой и глинистой почвы. Сделаем допущение, что на начало расчета влажность почвы на всех почвенных разновидностях равнялась наименьшей влагоемкости. Расчет водного баланса выполним по формуле (1):

$$W_k = W_n + P - (\varphi E + C), \quad (1)$$

где W_k – конечные влагозапасы;

W_n – начальные влагозапасы;

P – осадки;

φ – коэффициент, учитывающий увлажненность почвы;

E – эвапотранспирация культуры;

C – внутрипочвенный сток.

Водопотребление определялась по формуле (2):

$$E = K_m T_{\max}, \quad (2)$$

где E – эвапотранспирация культуры;

K_m – биотермический коэффициент культуры (0,12 в наших расчетах);

T_{\max} – максимальная суточная температура.

Коэффициент, учитывающий увлажненность почвы, рассчитывался по формуле А. П. Лихацевича (3):

$$\varphi = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{W_{нв}}{W_n} - 1 \right)^2 \right]. \quad (3)$$

Внутрипочвенный сток определялся по формуле (4):

$$C = (W_n - E_m - W_{нв}) \left(\frac{t}{T} \right)^a + P \left(\frac{t}{T} \right)^b, \quad (4)$$

где C – внутрипочвенный сток;

t – продолжительность расчетного интервала (одни сутки);

T – количество суток до полного стекания гравитационной влаги из расчетного слоя;

a и b – эмпирические коэффициенты.

Результаты расчета приведены в табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что обильные осадки, повысившие влажность почвы с 1 по 5 сутки, повысили влажность почвы выше наименьшей влагоемкости. Влажность почвы на песчаных и супесчаных почвах при этом существенно изменяется за короткий период.

Таблица 2. Динамика влажности различных почв на начало вегетационного периода

Сутки расчета	P , мм	T_{\max}	W песчаной почвы, мм	W супесчаной почвы, мм	W суглинистой почвы, мм	W глинистой почвы, мм
0	0	19,7	75,00	135,00	180,00	210,00
1	4	16,3	76,84	136,84	181,84	211,84
2	3	12,4	77,90	137,90	182,90	212,90
3	1,7	15,8	75,57	136,01	181,93	212,23
4	16,6	10,5	90,38	150,81	194,85	226,37
5	4,8	11,4	77,43	139,65	189,87	223,28
6	0	11,4	75,06	135,48	183,49	216,82
7	0	13,7	73,39	133,81	180,78	213,03
8	0	13,8	71,72	132,14	179,11	210,80
9	0,1	15,8	70,13	130,55	177,52	209,21
10	0	15,7	68,36	128,77	175,74	207,43

Таким образом, анализ табл. 2 наглядно нам показывает, что режим орошения на почвах с неоднородными почвенными условиями должен назначаться для каждой почвенной разновидности отдельно.

Чтобы исключить непродуктивные потери поливной воды при орошении, необходимо разбить орошаемое поле на участки со схожими почвенно-гидрологическими условиями. Для каждого такого участка следует вести отдельный водобалансовый расчет. Величину поливной нормы при этом рекомендуется устанавливать постоянной по наименее влагоемким почвам, входящим в орошаемый массив [5].

Полив следует начинать при снижении влажности почвы наименее влагоемкого участка ниже предполивных границ. При выпадении обильных осадков полив следует остановить и отправить оросительную технику на начальную позицию, если запасы наиболее влагоемкого участка достигнут наименьшей влагоемкости [5].

Учет неоднородностей почвенных условий при проведении полива позволяет уменьшить непродуктивные потери влаги на внутрпочвенный сток, а также сократить вымывание питательных веществ из плодородного слоя почвы, тем самым повысить экономическую эффективность орошения и экологическую безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Научно-практические и экологические аспекты орошения земель в Беларуси / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 2. – С. 36–40.
2. Лихацевич, А. П. Управление режимом орошения сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, И. А. Романов // Мелиорация. – 2019. – № 2 (88). – С 18–25.
3. Рекомендации по управлению дождеванием в производственных условиях, обеспечивающему за счет оперативности и повышения качества полива условия для получения максимальной прибыли от орошения сельскохозяйственных культур: рекомендации / А. С. Анженков [и др.]. – Минск: РУП «Институт мелиорации», 2020. – 38 с.

4. Валејша, Е. Ф. Географія почв: учеб.-метод. пособие / Е. Ф. Валејша. – Горки: БГСХА, 2020. – 207 с.

5. Способ орошения сельскохозяйственных культур при неоднородных почвенных условиях: пат. 23359 Респ. Беларусь, МПК А 01 G 25/00 / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, А. С. Анженков, И. А. Романов, С. В. Набздорев; заявитель РУП «Институт мелиорации»; заявл. 24.08.2018; опубл. 30.04.2021 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2021. – № 2. – С. 27.

УДК 635.758:631.526

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА УКРОПА ПАХУЧЕГО (*ANETHUM GRAVEOLENS L.*) ПО КОМПЛЕКСУ СЕЛЕКЦИОННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

А. В. ПЕТРЕНКО, ассистент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Среди зеленных и пряно-вкусовых культур особое место в пищевом рационе человека занимает укроп пахучий. Укроп широко распространен и в настоящее время представлен сортами различного назначения. Однако, современные условия предъявляют требования, которым сорта должны соответствовать в полной мере: скороспелость, высокая урожайность, качество, устойчивость к болезням, более длительный срок поступления продукции. Поэтому при создании сортов необходимо учитывать данные требования. Для этого необходимо изучение и оценка исходного материала и выделение перспективных форм для дальнейшей селекционной работы с целью создания сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков.

Ключевые слова: укроп пахучий, селекция, исходный материал, биохимический состав, урожайность.

Укроп пахучий (*Anethum graveolens L.*) – культура, широко распространенная во многих странах, благодаря своим вкусовым качествам и высокому содержанию витаминов, сахаров, минеральных солей, эфирных масел и других ценных веществ. Для получения свежей продукции в различные сроки необходим правильный выбор сортов с учетом биологических особенностей и почвенно-климатических условий зоны. С целью продления периода хозяйственной годности, а также получения дополнительной массы зелени создана новая группа укропа пахучего – кустовая форма, растения которой долго не переходят к цветению [2, 4]. Сорта укропа кустовой формы исключительно подходят для конвейерного получения зелени. Продолжительность фазы хозяйственной годности данной формы укропа позволяет на протяжении длительного периода получать зеленую продукцию без ухудшения ее качества [5]. В условиях Республики Беларусь сорта укропа кустовой формы мало распространены.

Селекционная работа с укропом пахучим направлена на создание сортов с более продолжительным его использованием в фазу технической спелости, высокой продуктивностью и качеством товарной продукции. В Государственный реестр сортов внесено для приусадебного возделывания 27 сортов укропа пахучего. Таким образом, актуальность обоснована изучением и оценкой исходного материала укропа пахучего, биологических, морфологических признаков, а также биохимических показателей, позволяющая выделить образцы по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Целью исследований является оценка коллекционного материала укропа пахучего по комплексу селекционно-ценных признаков.

Исследования проводили на опытном поле кафедры плодовоовощеводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в 2012–2014 гг. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Опыты были заложены с соблюдением агротехнических требований по уходу за растениями в течение всего периода наблюдений.

Объектами исследований являлись коллекционные и селекционные образцы (40 образцов) российской и белорусской селекции. Повторность опытов трехкратная, размещение делянок рандомизированное [1, 3].

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались как по температурному режиму, так и количеству атмосферных осадков, по годам исследований, что способствовало объективной оценке коллекционного материала по изучаемым признакам.

Коллекция сортообразцов укропа пахучего была разделена на четыре группы скороспелости. Результаты исследований показали, что продолжительность периода фазы технической спелости связано со скороспелостью сортообразцов. Образцы позднеспелой группы 80/10, 275/10, 269/10, 191/10, 300/10 и сорт Комбат отличались продолжительностью периода «фаза технической спелости», который в среднем составил 68,7–70,7 дней.

Установлено, что с помощью подбора сортов и установления сроков прохождения фазы от всходов до технической спелости можно создать конвейер поступления продукции в течение всего периода вегетации.

На основании оценки коллекционного материала укропа пахучего выделены высокопродуктивные сортообразцы. Высокая урожайность ($\text{кг}/\text{м}^2$) при различных сроках созревания в зависимости от года исследований установлена у образцов: 83/10, 300/10 (4,4–5,2), 54/10, 274/10 (4,2–4,8), 88/10 (4,9–5,4); 295/10 (4,6–5,1), 225/10 (4,2–4,7).

По биохимическому составу у сортообразцов укропа пахучего выявлены различия по содержанию сухого вещества, витамина С, каротина, низким накоплением нитратов.

По комплексу селекционно-ценных признаков выделены образцы 88/10, 256/10, 295/10 и сорта Комбат, Озорник, которые могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе при создании новых сортов, обладающих скороспелостью, высокой урожайностью и качеством продукции.

Для дальнейшей селекционной работы рекомендованы образцы 269/10, 191/10, 300/10 и сорт Комбат укропа пахучего, обладающие более длительным сроком наступления фазы технической спелости (от всходов до конца товарной спелости) и продолжительным периодом хозяйственной годности).

В качестве источников высокой урожайности в среднем за три года исследований выделены образцы укропа пахучего 75/10, 88/10, 295/10, 83/10 и 300/10. Низким накоплением нитратов характеризовались сорта Озорник, Ароматный букет, образцы 46/10, 75,10, 88/10. По содержанию каротина выделились сорта Комбат, Озорник, образцы 46/10, 53/10, 255/10, 256/10 276/10, витамина С – сорт Озорник, образцы 49/10, 68/10, 226/10, 256/10, 287/10.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1985. – 351 с.
2. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения / Л. Г. Дудченко [и др.]. – Киев, 1989. – 304 с.
3. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов; Рос. акад. с.-х. наук, ГНУ Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – Москва: ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. – 648 с.
4. Хомякова, Е. М. Укроп / Е. М. Хомякова // Картофель и овощи. – 1995. – № 5. – С. 9.
5. Циунель, М. М. Сортовое разнообразие укропов / М. М. Циунель // Картофель и овощи. – 2000. – № 5. – С. 23–24.

УДК 635.928: 631.95

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ГАЗОНОВ ИЗ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ

В. И. ПЕТРЕНКО, канд. с.-х. наук, доцент,
А. В. ПЕТРЕНКО, ассистент,
А. Н. ЛОМОНОСОВА, магистрант

УО «Белорусская государственная орден Ордена Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Газоны важны не только с точки зрения декоративного эффекта, но и выполняют санитарно-гигиеническую функцию, способствуя очистке воздуха от пыли и летучей золь, адсорбируя их на своей поверхности. При создании газонов высоко качества необходимо использовать низовые травы корневищно-рыхлокустового типа кущения, которые образуют плотную, мощную дернину.

Ключевые слова: газоны, многолетние травы, овсяница луговая, овсяница красная, полевица белая, качество газонов.

Под газонами понимаются участки земли, покрытые зеленым травяно-дерновым покровом, преимущественно из мезофитных злаков и используемые для архитектурно-художественного оформления и в санитарно-гигиенических, хозяйственно-экономических, а также в почвозащитных и спортивных целях [1].

Газонные покрытия являются важным элементом благоустройства городских территорий. Они важны не только с точки зрения декоративного эффекта, но и выполняют санитарно-гигиеническую функцию, способствуя очистке воздуха от пыли и летучей золы, адсорбируя их на своей поверхности. Зеленые лужайки существенно изменяют микроклимат города: они повышают влажность приземного слоя воздуха, понижают температуру в жаркий летний период.

Прежде всего газонные травы, как и все зеленые растения, выполняют общебиологическую роль, постоянно обогащая воздух кислородом. Располагаясь вблизи промышленных районов и вдоль проезжих дорог, зеленые газоны сокращают пылеобразующую, антисанитарную площадь и тем самым уменьшают возможность появления инфекционных заболеваний. Кроме этого, газоны оказывают оздоровительное действие на организм человека, обогащая его фитонцидами, особенно в периоды срезания газонных трав. Наличие больших газонов способствует самоочищению городских почв, так как корни газонных трав выделяют вещества, стимулирующие жизнедеятельность полезных микроорганизмов. Немаловажно фитонцидное действие молодых побегов и листьев трав, очищающих приземный воздух от микробов [2].

При устройстве газонов используют главным образом многолетние мезофильные злаковые травы, образующие, сомкнутой травяной покров в надземной части, а в подземной – дернину, представляющую собой переплетение корней, корневищ и оснований побегов.

Высеваемые на газонах травы должны отвечать следующим основным требованиям: быть низкорослыми и хорошо облиственными, долговечными и устойчивыми к частым низким скашиванием, к засухе, зимовке, поражению вредителями и болезнями. Важно также, чтобы они имели высокую энергию кущения, рано отрастали весной и поздно оканчивали вегетацию осенью, были приспособлены к экологическим условиям района и обладали высокой общей декоративностью [3].

В УО БГСХА проведены исследования, цель которых выявить лучшие газонные травы для создания качественных газонов.

В период вегетации на растения влияют различные неблагоприятные условия. Однако наиболее жесткому воздействию неблагоприятных условий они подвергаются в период зимнего покоя и в зимне-весенний период. Основными факторами, которые приводят к угнетению и гибели растений в зимне-весенний период являются: воздействие отрицательных температур, выпревание, вымерзание, разрыв корневой системы, вымокание, повреждение снежной плесенью и т. д.

Таблица 1. Зимняя изреживаемость газонных трав (2021 г.)

Вариант опыта	Виды трав	Густота побегов, шт/м ²		Зимняя изреживаемость	
		перед уходом в зиму	после перезимовки	шт/м ²	%
1. Скашивание в конце вегетации (контроль)	Плевел многолетний	3617	868	2749	76
	Овсяница красная	9896	5344	4552	46
	Мятлик луговой	8729	4277	4452	51
	Полевица белая	7336	3301	4035	55
2. Скашивание за 25 дней до прекращения вегетации	Плевел многолетний	6515	1516	4099	73
	Овсяница красная	13581	8013	5568	41
	Мятлик луговой	10910	6108	4802	44
	Полевица белая	7727	3941	3786	49

Наибольшая зимняя изреживаемость наблюдалась у плевела многолетнего. В зимний период погибло 4099 побегов на одном м², что составляет 73 %, при скашивании за 25 дней до прекращения вегетации, и 2749 побегов на одном м², что составляет 76 %, при скашивании в конце вегетации. Изреживаемость полевицы белой и мятлика лугового была ниже, чем у плевела многолетнего в обоих вариантах проведенного опыта.

Следует отметить, что при скашивании газона за 25 дней до прекращения вегетации наибольшей зимостойкостью обладает травостой овсяницы красной. Зимняя изреживаемость составила 41 %, что на 32 % ниже, чем у плевела многолетнего и на 3–7 % ниже, чем у мятлика лугового и полевицы белой соответственно. Изреживаемость овсяницы красной при скашивании газона в конце вегетации также была ниже остальных и составила 46 %, что на 30 % ниже, чем у плевела многолетнего. Низовые злаковые травы характеризуются быстрой весенней восстанавливаемостью, существует закономерность, что она тем выше, чем больше зимостойкость и устойчивость к болезням вида растений.

Кущение растений и вегетативное размножение значительно увеличивают количество побегов на единице площади, способствуют восстанавливаемости газонов и улучшению их качества.

Как при скашивании за 25 дней до прекращения вегетации, так и при скашивании в конце вегетации мятлик луговой и полевица белая обладают большей восстанавливаемостью, чем плевел многолетний.

Таблица 2. Весенняя восстанавливаемость газонных трав в 2021 г.

Вариант опыта	Виды трав	Густота травостоя, шт/м ²		Весенняя восстанавливаемость	
		3-я декада апреля	1-я декада мая	шт/м ²	%
1. Скашивание в конце вегетации (контроль)	Плевел многолетний	868	1154	286	33
	Овсяница красная	5344	8978	3634	68
	Мятлик луговой	4277	6800	2523	59
	Полевица белая	3301	5051	1750	53
2. Скашивание за 25 дней до прекращения вегетации	Плевел многолетний	1516	2122	606	40
	Овсяница красная	8013	12118	6010	75
	Мятлик луговой	6108	9956	3848	63
	Полевица белая	3941	6187	2246	57

Наилучшая весенняя восстанавливаемость газонов отмечена в посевах овсяницы красной и составила 63 %, что на 23 % выше, чем у плевела многолетнего. Слабая восстанавливаемость плевела многолетнего, объясняется тем, что плевел многолетний малолетний злак, продолжительность его жизни до 4 лет и уже на третий год жизни наблюдается сильная изреживаемость травостоя и более слабая его восстанавливаемость.

Таблица 3. Оценка основных видов газонных трав

Вариант опыта	Виды трав	Оценка качества газонов			
		побегов, шт/м ²	покрытие, %	балл (по 30 бальной шкале)	качество газонов
1. Скашивание в конце вегетации (контроль)	Плевел многолетний	868	20	10	плохая
	Овсяница красная	5344	58	15	хор.
	Мятлик луговой	4277	49	16	хор.
	Полевица белая	3301	41	12	удовл.
2. Скашивание за 25 дней до прекращения вегетации	Плевел многолетний	1516	22	11	плохая
	Овсяница красная	8013	66	26	отл.
	Мятлик луговой	6108	65	27	отл.
	Полевица белая	3941	49	16	хор.

Следует отметить, что в год посева плевел многолетний выгодно отличался по густоте и качеству газона от других видов трав. Однако на второй год из-за низкой зимостойкости травостой его декоративные свойства значительно снижаются из-за сильной изреживаемости.

Полевица белая в силу своих биологических особенностей не может создать мощную дернину, что снижает ее ценность как газонной травы, особенно медленно развивается полевица в первый год жизни.

Исходя из комплексной оценки, декоративность газона сохраняется гораздо дольше, когда последнее скашивание проводят за 25 дней до прекращения вегетации. Тогда газонные травы успевают накопить необходимое количество питательных веществ для лучшей перезимовки.

Результатами исследований установлено, что наиболее ценными видами газонных трав для одновидовых посевов в условиях северо-западной части Республики являются овсяница красная и мятлик луговой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаптев, А. А. Газоны / А. А. Лаптев. – Киев, 1983.
2. Абрамшвили, Г. Г. Устойчивые газоны для спорта и отдыха / Г. Г. Абрамшвили. – М.: Издательство литературы по строительству, 1970.
3. Серебрякова, Т. И. Морфогенез побегов эволюция жизненных форм злаков / Т. И. Серебрякова. – М.: Наука, 1971.

УДК 631.4(292.511)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В АГРОПОЧВАХ ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

К. В. РУЧКИНА, магистрант 1-го года обучения,
О. Э. МЕРЗЛЯКОВ, канд. биол. наук, доцент

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Российская Федерация

Микропластик (МП) – это крошечные кусочки пластика, длиной менее 5 мм. Он признан новым загрязнителем окружающей среды во всем мире. В результате данного исследования была разработана методика определения микропластика в агропочвах таежно-лесной и степной зоны Западной Сибири, выявлено его количество и форма в исследуемых образцах.

Ключевые слова: микропластик, агропочвы, загрязнение пахотных земель.

В последние годы антропогенная деятельность рассматривается как ключевой фактор утраты биоразнообразия и функций экосистем.

Типичным примером разрушающей человеческой деятельности является производство и использование огромного количества пластмасс.

Пластмассовые отходы, включая биоразлагаемые пластмассы, подвержены физическому распаду (фрагментации), что приводит к уменьшению размеров пластмассы. Произведенный пластик с части-

цами размером <5 мм обычно считается микропластиком. Термин «микропластик» впервые был введен Томпсоном в 2004 году.

Изучение МП на данный момент является актуальным. Он признан новым загрязнителем окружающей среды во всем мире, он проник и продолжает проникать, даже в самые отдаленные уголки нашей планеты.

За последнее пару лет было проведено множество исследований по определению количества и влияния этих частиц на существ, обитающих в океанах, реках, ручьях и озерах.

Однако на данный момент больше внимания уделяют изучению микропластика в водных и воздушных средах, а по его содержанию в почве существуют лишь единичные исследования (Bouwmeester et al., 2015).

Большинство исследований по определению МП в почвах проводилось в Китае, США, Австралии. В России на данный момент изучение микропластика в почве не проводилось вообще (Yangetal., 2021).

Целью данной работы является разработка методики определения микропластика в агропочвах таежно-лесной и степной зоны Западной Сибири.

Объектами исследования являлись агросерые и агротемно-серые лесные почвы таежно-лесной зоны, а также агрочерноземы степи.

Изучаемые агропочвы таежно-лесной зоны характеризуются более тяжелым гранулометрическим составом с преобладанием фракций мелкого песка и мелкой пыли по сравнению с агропочвами степной зоны, которые имеют среднесуглинистый гранулометрический состав с преобладанием фракций мелкого песка и крупной пыли.

В агросерых лесных и агрочерноземе обыкновенном наблюдается равномерное уменьшение гумуса с глубиной, а в агротемно-серой лесной небольшое увеличение на глубине (14–22 см). Агросерая лесная и агротемно-серая почва характеризуется слабокислой реакцией среды, а агрочернозем слабощелочной реакцией.

В целом процесс микропластического анализа в почвах аналогичен таковому в толще воды и донных отложениях.

Участки отбора проб должны быть установлены надлежащим образом, чтобы отражать общий или средний уровень (микро) пластмассового загрязнения на полях, чтобы последующий анализ и количественная оценка могли точно отражать его состояние в почве.

Разделение по плотности – распространенный метод извлечения микропластика из почвы (Dioses-Salinasetal., 2020).

В этом методе используются солевые растворы известной плотности для выведения микропластических частиц из почвы.

Наиболее часто используемыми растворами для разделения МП является дистиллированная вода ($1,0 \text{ г/см}^3$), NaCl ($1,2 \text{ г/см}^3$), CaCl₂ ($1,5 \text{ г/см}^3$), ZnCl₂ ($1,6 \text{ г/см}^3$), NaI ($1,8 \text{ г/см}^3$).

В дополнение к выделению отдельных типов микропластика из почв с большим содержанием гумуса, простого фракционирования плотности не может быть достаточно, потому что плотность почвы органических веществ, как правило, от 1,0 до 1,4 г/см³, которая похожа на плотность нескольких типов МП, таких как полиэтилентерефталата (ПЭТ) и нейлона. Следовательно, требуется дополнительный этап удаления органических веществ.

До настоящего времени перекись водорода (H₂O₂) наиболее широко использовалась для удаления органических веществ из матриц окружающей среды путем окисления (Bläsing et al., 2018).

В данном исследовании была разработана методика определения микропластика с помощью раствора NaCl:

1. Почва предварительно просеивалась через сито с диаметром ячеек 5 мм для удаления веточек, палочек и крупного пластика.

2. Высушивалась до воздушно-сухого состояния.

3. Отбирались три проб каждого образца по 50 г и помещались в сухие чистые плоскодонные колбы на 500 мл.

4. Добавлялся раствор 8 м NaCl 200 мл.

5. Растворы взбалтывались в течение 1 минуты, после взбалтывания их оставляли на ночь для разделения по плотности.

6. На следующий день верхнюю фазу (примерно половина раствора) аккуратно переносили в плоскодонные колбы на 250 мл и давали отстояться еще 12 часов.

7. Повторение пункта 6.

8. Добавляли H₂O₂ (30 %) и оставляли на 24 часа для окисления органики.

9. Проводилось финальное разделение по плотности в выделительных воронках.

10. Фильтрация через окрашенный фильтр размером 0,45 мкм в вакуумной установке.

11. Далее исследование проводилось микроскопически.

Была определена масса МП в образцах (табл. 1):

Таблица 1. Масса МП в образцах пахотных горизонтов агропочв

Номер пробы	Название	Масса МП в образце, г
1	Агросерая лесная (1 проба)	0,0019
2	Агросерая лесная (2 проба)	0,0024
3	Агросерая лесная (3 проба)	0,0034
4	Агротемно-серая лесная (1 проба)	0,003
5	Агротемно-серая лесная (2 проба)	0,002
6	Агротемно-серая лесная (3 проба)	0,0004
7	Агрочернозем обыкновенный (1 проба)	0,0048
8	Агрочернозем обыкновенный (2 проба)	0,0005
9	Агрочернозем обыкновенный (3 проба)	0,0029

Также было определено количество и форма МП в исследуемых горизонтах агропочв (табл. 2).

Таблица 2. Количество и форма микропластика в исследуемых агропочвах

Количество	Форма
Агросерая лесная (1 проба)	
12	волокна
1	пленка
Агросерая лесная (2 проба)	
23	волокна
Агросерая лесная (3 проба)	
13	волокна
1	пленка
Среднее 16 волокон, 1 пленка	
Агротемно-серая лесная (1 проба)	
11	волокна
Агротемно-серая лесная (2 проба)	
3	волокна
Агротемно-серая лесная (3 проба)	
7	волокна
Среднее 7 волокон	
Агрочернозем обыкновенный (1 проба)	
4	волокна
Агрочернозем обыкновенный (2 проба)	
4	волокна
Агрочернозем обыкновенный (3 проба)	
3	волокна
Среднее 4 волокна	

Из всего представленного выше можно сделать вывод, что методика определения, разработанная в исследовании, подходит для почв с относительно небольшим содержанием органического вещества, развивающихся в таежно-лесной зоне, где влияние травянистой растительности не так велико. Для почв таежно-лесной зоны данная методика определения не подходит, так как большое содержание органического вещества мешает определению и идентификации МП.

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Bouwmeester, P.C. Hollman, R.J. Peters. Potential health impacts of environmental released micro- and nanoplastics in the human food chain production chain: experiences from nanotoxicity Environ. Sci. Technol., 49 (2015), pp. 8932-8947.
2. Dioses-Salinas, D.C., Pizarro-Ortega, C.I., De-la-Torre, G.E., 2020. A methodological approach of the current literature on microplastic contamination in terrestrial environments: current knowledge and baseline considerations. Sci. Total Environ. 730, 139164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139164>.
3. M. Bläsing, W. Amelung. Plastics in soil: analytical methods and possible sources Sci. Total Environ., 612 (2018), pp. 422-435.
4. Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., Wu, C., 2021. Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. Sci. Total Environ, 146546 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146546>.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ ПОЕНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЖИВОТНЫХ

Н. А. САДОМОВ, д-р с.-х. наук, профессор
Л. А. ШАМСУДДИН, канд. с.-х. наук

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В статье описывается проблема качества питьевой воды в животноводстве. Приводятся причины снижения показателей относительно норматива. Проведен анализ результатов исследования средней пробы воды по микробиологическим и химическим показателям.

Ключевые слова: качество воды, животные, анализ, бактериальная чистота.

Необходимость поддержания высоких стандартов гигиены воды для поения животных постоянно доказывается как практическим опытом, так и научными исследованиями. Чтобы подчеркнуть ее значение, питьевую воду уже сейчас называют самым важным кормовым средством.

Системы снабжения водой сельскохозяйственных предприятий должны быть спроектированы таким образом, чтобы риск контаминации микроорганизмами кормовых средств и воды был сведен к нулю [1].

Нередко нахождение воды в системе поения приводит к снижению ее санитарного состояния. В этом легко убедиться, если провести анализ воды из разных ее участков. В начале линий она полностью соответствует санитарным требованиям, в конце часто регистрируются превышения по ряду показателей, главным образом микробиологическим.

Причиной снижения качества воды является образование биопленки. Биопленка представляет собой конгломерат из водорослей, плесеней, грибов, микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. Она образуется на внутренней поверхности труб и создает благоприятные условия для развития микроорганизмов (в том числе патогенных энтеробактерий *E.colli*, *Salmonella ssp.*). Кроме того, гликопротеиновый матрикс защищает бактерии от действия дезинфицирующих средств, увеличивает количество минеральных отложений, нарушает работоспособность всей системы.

Слой биопленки способен адсорбировать растворенные в воде вещества, в т.ч. антибиотики. Таким образом, даже после окончания курса медикаментозной терапии антибиотики будут продолжать поступать с водой животным, и служить причиной обнаружения остаточных их количеств в мясе и готовой продукции [2].

Химический состав и микробная обсемененность воды оказывают огромное влияние на здоровье животных. Ухудшение данных показателей качества воды у животных сопровождается расстройством пищеварения и отказом от корма, снижением продуктивности, предрасположенности к заболеваниям, способствует передаче возбудителей болезней. Плохое качество воды не обладает способностью возбуждать деятельность секреторных аппаратов желудочно-кишечного тракта и при сильной жажде вызывает негативную физическую реакцию [3, 4].

В этой связи особенно важным представляется получение достоверных сведений о качестве воды, а таким образом и потреблении воды при отборе из собственных источников, потому что в этом случае проверки качества не ведутся на постоянной основе.

В РУП «Белоруснефть-Особино» была отобрана средняя проба воды для поения животных и проведен анализ качества по бактериальной чистоте и химическим показателям.

Оценка качества по микробиологическим показателям сводится к определению в объекте доли микроорганизмов, связанных с человеком и его продуктами жизнедеятельности. Прежде всего, с определением единицы измерения количества микробов. КОЕ/мл (колониеобразующие единицы) – количество жизнеспособных микробных клеток в миллилитре (табл. 1).

Таблица 1. Показатели бактериальной чистоты питьевой воды

Показатели	СанПиНу 10-124 РБ 99	По хозяй- ству
Число микроорганизмов в одном миллилитре воды	Не более 100	90
Число бактерий группы кишечной палочки в одном миллилитре воды (коли-индекс)	Не более 3	2

Анализ пробы воды для поения животных показал, что общее число микроорганизмов в одном миллилитре и число бактерий группы кишечной палочки не превышают нормативных значений. Однако следует отметить, что их количество находится у верхней границы нормы.

При загрязнении источников водоснабжения в воде повышается количество взвешенных и растворенных веществ и появляются продукты гнилостного распада органических веществ. Поэтому в воде прежде всего необходимо определять наличие таких химических веществ, которые являются показателями ее загрязнения нечистотами, отбросами, сточными водами, опасными в санитарном отношении.

В табл. 2 представлен анализ качества воды по физическим и химическим показателям.

Таблица 2. **Физические и химические показатели воды**

Показатели	СанПиН 10-124 РБ 99	По хозяйству
Цветность, градусы	20	12
Мутность по стандартной шкале, мг/дм ³	1,5	0,5
Водородный показатель (рН)	6,0–8,0	6,5
Хлориды, мг/л	350	250
Сульфаты, мг/л	500	250
Железо, мг/л	0,3	0,3
Нитраты, мг/л	45	50
Нитриты, мг/л	0,001–0,002	0,01
Селен, мг/л	0,001	0,01
Фтор, мг/л	1,5	1,5

Из табл. 2 видим, что по большинству физических и химических показателей вода соответствует нормам. Имеются превышения нормативных значений по нитритам в несколько раз и по нитратам на 5 мг/л.

Азотистая кислота представляет начальную стадию окисления аммиака. Содержание в воде альбуминоидного аммиака, а также солей аммиака и азотистой кислоты указывает на загрязнение ее органическими веществами животного происхождения (навоз, испражнения, моча и др.) и делает такую воду весьма опасной в санитарном отношении. Значительное количество азотной кислоты в питьевой воде может быть причиной отравления животных, особенно молодняка.

Проведенный анализ качества воды по микробиологическим и химическим показателям выявил превышения нормативных показателей по нитритам и нитратам, что свидетельствует о загрязнении воды органическими веществами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиена системы поения животных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sagrada.biz/>. – Дата доступа: 10.11.2021.
2. Вода для поения животных, гигиенические аспекты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kntp-project.ru/>. – Дата доступа: 10.11.2021.
3. Медведский, В. Гигиена воды и поения животных / В. Медведский // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 22. – С. 24–26.
4. Медведский, В. Гигиена воды и поения животных / В. Медведский // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 24. – С. 11–15.
5. Санитарные правила и нормы «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10–124 РБ 99».

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ НА ЕЕ АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ЗЕРНОПАРОТРАВЯНОМ СЕВООБОРОТЕ

Л. О. ТРОНИНА, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник,
Н. И. ПЕГОВА, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник

УдмФИЦ УрО РАН,
г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация

В исследованиях 2015–2020 гг. комбинированная система основной обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой слабосмытой почвы обеспечила максимальную продуктивность культур зернопаротравяного севооборота 31,2 ц з. ед./га за счет лучшего на 2,2–3,5 % сохранения влаги, формирования отличного структурного состояния слоя почвы 10–20 см при плотности пахотного горизонта на уровне ежегодной вспашки.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, обработка почвы, плотность, структура, влажность, продуктивность.

Агрофизические свойства являются важным показателем плодородия почвы, они определяют ее тепловой, водный, воздушный, питательный режимы и биологическую активность. Помимо выраженного влияния на них системы почвообработки, они постоянно изменяются в течение вегетации в зависимости от степени увлажнения почвы и развития корневой системы растений. Создание благоприятных условий для развития сельскохозяйственных культур, и, как следствие, повышение продуктивности севооборота заключается в приближении агрофизических свойств к оптимальным параметрам [2; 3; 4].

Цель исследования. Изучить влияние длительного применения системы основной обработки дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой почвы на ее агрофизические свойства и продуктивность культур зернопаротравяного севооборота.

Исследования проводились в 2015–2020 гг. в многолетнем стационарном полевом опыте в четвертой ротации севооборота на экспериментальном поле Удмуртского НИИСХ структурного подразделения ФГБУН УдмФИЦ УрО РАН, расположенного в Завьяловском районе Удмуртской Республики, Российской Федерации.

Схема опыта включала три системы основной обработки почвы: отвальная – ежегодная вспашка до 18 см (ПН-3-35); комбинированная – вспашка 2 раза за ротацию: в пару и заделка сидерата на глубину до 18 см (ПН-3-35) и ежегодная безотвальная обработка на 10–12 см (БДТ-3) под остальные культуры; минимальная – ежегодное поверх-

ностное рыхление до 8 см (КПЭ-3,8), мелкая заделка клевера до 10 см (БДТ-3 в 2 следа).

Чередование культур в севообороте: 2015 г. – чистый пар; 2016 г. – озимая рожь; 2017 г. – яровая пшеница + клевер; 2018 г – клевер 1 г. п. на сидерат; 2019 г. – ячмень; 2020 г. – горчица.

Технология возделывания культур различалась по вариантам основной обработки почвы, согласно схеме опыта. Предпосевная обработка почвы была общей для всех вариантов. Она включала ранневесеннее боронование (БЗСС-1,0), культивацию (КПС-4) с внесением минеральных удобрений, предпосевную обработку почвы комбинированным агрегатом РВК-3,6, посев зернотравяной сеялкой СЗТ-3,6. В 2015 г. в чистом пару было проведено двукратное дискование БДТ-3, культивация с боронованием КПЭ-3,8, затем основная обработка почвы по схеме опыта.

Почва опытного участка агродерново-подзолистая слабосмытая среднесуглинистая на покровных глинах и тяжелых суглинках, содержание гумуса 2,26 %, подвижного фосфора – 266 мг/кг, обменного калия – 133 мг/кг, рН КС1 – 5,37.

Для определения агрофизических свойств пахотного горизонта в опыте нами были отобраны пробы по слоям 0–10 и 10–20 см после уборки яровых зерновых (2017 и 2019 гг.), в период отрастания клевера (2018 г.) и после уборки горчицы на семена (2020 г.). По комбинированной системе основной обработки почвы отбор проб осуществлялся с 2018 г. Определение плотности проводили методом режущего кольца, анализ агрегатного состава – методом сухого просеивания по Н. И. Саввинову. Метод учета урожайности двойной сплошной с каждой делянки с последующим перерасчетом на 100 % чистоту и стандартную влажность семян [ГОСТ 12037-81] и по пробным площадкам [Методика государственного сортоиспытания..., 1985; Методические указания..., 1997]. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием дисперсионного и корреляционного анализов по Б. А. Доспехову (1985) с помощью программы Microsoft Office 2010.

Исследования показали, что в посевах каждой культуры складывается определенный режим плотности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. После уборки пшеницы пахотный горизонт по вспашке характеризовался относительно гомогенным строением, и плотность почвы была приближена к оптимальным значениям для зерновых колосковых культур 1,31–1,36 г/см³ (табл. 1). Поверхностное рыхление привело к значительной послонной дифференциации и уплотнению нижнего необрабатываемого слоя до 1,56 г/см³.

Под яровую пшеницу вспашка была проведена осенью 2016 года. К моменту отбора проб в 2018 г. почва приобрела состояние близкое к

равновесному. Нижний слой пахотного горизонта при минимальной системе характеризовался максимальной плотностью сложения за годы исследований $1,59 \text{ г/см}^3$, при этом плотность верхнего десятисантиметрового слоя заметно снизилась до $1,29 \text{ г/см}^3$. Этому способствовало развитие корневой системы клевера, когда основная масса корней формируется в слое 0–10 см, особенно при минимальной обработке [4], снижая, таким образом, объемную массу почвы. При комбинированной системе почвообработки плотность верхнего слоя была достоверно выше данного показателя по вспашке при НСР₀₅ $0,02 \text{ г/см}^3$.

В 2018 г. для разделки пласта клевера в комбинированной и отвальной системах, в соответствии со схемой опыта, была проведена вспашка. При этом пахотный горизонт после уборки ячменя при комбинированной системе обработки почвы обладал более однородным по плотности строением $1,35\text{--}1,36 \text{ г/см}^3$, и в нижнем слое был достоверно более рыхлым относительно ежегодной вспашки. Наибольшая плотность почвы $1,58 \text{ г/см}^3$, как и в предыдущие годы, наблюдалась в слое 10–20 см при минимальной системе обработки.

Обработка почвы под горчицу белую достоверного влияния на плотность пахотного горизонта не оказала. Однако наблюдалось общее снижение плотности почвы опытного участка относительно данного показателя 2019 года. Плотность верхнего десятисантиметрового слоя находилась в пределах $1,26\text{--}1,29$, нижнего – $1,40\text{--}1,41 \text{ г/см}^3$, в том числе при ежегодном поверхностном рыхлении. Этому способствовало внесение зеленой массы клевера в 2018 г., разрыхляющая способность корневой системы горчицы, меньшее количество осадков и другие факторы.

Таблица 1. Плотность сложения пахотного слоя почвы в зависимости от системы обработки, г/см^3 (2017–2020 гг.)

Культура	Горизонт, см	Отвальная	Комбинированная	Минимальная	НСР ₀₅
Яровая пшеница + клевер	0–10	1,31	–	1,36	0,03
	10–20	1,35	–	1,56	0,03
Клевер 1 г. п.	0–10	1,32	1,38	1,29	0,02
	10–20	1,41	1,41	1,59	0,02
Ячмень	0–10	1,35	1,35	1,29	0,03
	10–20	1,41	1,36	1,58	0,03
Горчица	0–10	1,26	1,26	1,29	0,07
	10–20	1,41	1,40	1,41	0,04

В среднем за 4 года анализа агрофизических свойств дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой почвы ежегодная вспашка обеспечила наиболее рыхлый пахотный горизонт $1,31\text{--}1,40 \text{ г/см}^3$, но привела к увеличению содержания пылевой фракции и,

следовательно, к снижению структурности (табл. 2). Отличным структурным состоянием весь пахотный слой характеризовался при минимальной системе почвообработки, и нижняя его часть 10–20 см – при комбинированной. Анализ влажности почвы за 2017–2020 гг. показал преимущество комбинированной системы почвообработки, позволяющей рационально расходовать почвенную влагу культурами зернопаротравяного севооборота.

Таблица 2. **Агрофизические свойства почвы в зависимости от системы обработки (среднее 2017–2020 гг.)**

Показатель	Горизонт, см	Отвальная	Комбинированная	Минимальная	НСР ₀₅
Плотность, г/см ³	0–10	1,31	1,33	1,31	$F_{\alpha} < F_{\beta}$
	10–20	1,40	1,39	1,54	0,02
Коэффициент структурности	0–10	3,5	3,8	4,9	0,8
	10–20	3,8	5,7	5,4	0,5
Влажность, %	0–10	12,5	14,7	10,6	0,3
	10–20	12,6	16,1	11,2	0,8

Наибольшая влажность почвы 16,1 % отмечена в нижнем горизонте при комбинированной системе обработки почвы. Корреляционный анализ выявил зависимость влажности нижнего слоя пахотного горизонта от его плотности ($r = -0,37$). Так, переуплотненный необрабатываемый слой имел достоверно низкую влажность в среднем за годы исследований 11,2 % при НСР₀₅ 0,8 %.

Исследованиями, проведенными в 2015–2020 гг., установлено, что сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на систему обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. В среднем по опыту при ежегодной вспашке сформирована продуктивность культур зернопаротравяного севооборота 28,7 ц з. е./га. Ежегодное поверхностное рыхление на глубину до 8 см обеспечило прибавку в пределах наименьшей существенной разности. По комбинированной системе обработки почвы получена достоверная прибавка продуктивности культур 2,5 ц з. е./га относительно данного показателя при отвальной системе.

Таким образом, на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве при комбинированной системе обработки формируется режим плотности на уровне ежегодной вспашки при отличном структурном состоянии в нижнем слое пахотного горизонта, что способствует рациональному использованию влаги культурами зернопаротравяного севооборота при средней их продуктивности за ротацию 31,2 ц з. е./га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

2. Кирюшин, В. И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований / В. И. Кирюшин // Земледелие. – № 7. – 2013. – С. 3–6.
3. Тронина, Л. О. Влияние минимизации обработки на агрофизические свойства дерново-среднеподзолистой почвы / Л. О. Тронина // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 6 (67). – С. 31–34.
4. Холзаков, В. М. Система обработки почвы / В. М. Холзаков, А. И. Венчиков // Научные основы ведения сельского хозяйства в Удмуртской Республике. – Ижевск, 2002. – Кн. 3. – С. 155–171.

УДК 581.144.4.045:631.559(470.56)

ВЛИЯНИЕ КУЛИСНЫХ ПАРОВ НА ПОЧВЕННУЮ ВЛАЖНОСТЬ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. ФИЛИПОВА, д-р биол. наук, профессор,
О. Н. АРТАМОНОВА, канд. биол. наук, доцент
Ю. В. РЫЖЕНКО, аспирант

ФГБУ ВО Оренбургский ГАУ,
г. Оренбург, Российская Федерация

В статье рассматриваются вопросы рационального использования почвенной влаги в условиях ее дефицита, за счет кулисных посевов из сахарного сорго. Вопросы регулирования влагооборота в зоне рискованного земледелия позволяют не только поддерживать урожайность, но и сохранить плодородие почв. Анализ влагообеспеченности почвы под посевами озимой пшеницы показал, что при кулисном варианте посева озимых влага сохраняется дольше и запасы влаги в три раза больше, чем на полях без кулис.

Ключевые слова: засуха, кулисные посевы, влагообеспеченность, почвенное плодородие, сорго.

Сухостепная зона имеет специфические особенности климата, формирующие черноземные и темно-каштановые почвы. Территории юго-востока Оренбургской области относятся к зоне рискованного земледелия. Получение в таких условиях высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур требует применения такого комплекса мероприятий, которое позволяло бы сохранять любую влагу и продуктивно ее использовать. Практически все мероприятия в сухостепной зоне на границе с полупустынями направлены на борьбу с засухой. Проведенный анализ за 80 лет показывает, что количество сильных засух за этот период составило 21. Недостаток осадков и сильные ветра, снижают влагозапасы почвы уже в апреле-мае. Осадки за вегетативный период составляют в среднем за последние 20 лет от 91 до 120 мм в зависимости от зон Оренбургской области, а в 2021 г. этот показатель был на уровне 62–97 мм.

Среди базисов, обеспечивающих существование агроэкосистем в зоне рискованного земледелия, первостепенное значение придается

сохранению ранневесенней влаги, за счет агротехнологических решений, которые могут регулировать влагооборот и соответственно поддерживать почвенное плодородие.

В конце лета в корнеобитаемом слое запасы доступной влаги в большинстве лет ничтожны, содержание ее к весне следующего года определяется количеством поздних осенних осадков, а также степенью использования талых вод.

Одним из важных способов борьбы с засухой в засушливом земледелии считались чистые пары, которые относили к лучшим предшественникам озимых и яровых культур. Современные исследования показывают, что чистые пары приводят к приостановлению процессов гумусоаккумуляции, создают проблемы в структурировании почвенных отдельностей, способствуют распылению почвы [1]. Поэтому мы предлагаем вводить в агротехнологии кулисные сидерально-мульчирующие пары, которые способствуют предотвращению испарения влаги из почвы, активизации работы почвенной биоты, и соответственно поддержанию плодородия почв.

На экспериментальных полях Оренбургского аграрного университета были проведены опыты с кулисными посевами из сахарного сорго. Целью эксперимента стало введение в культуру земледелия новой для нашей зоны культуры сорго в качестве кулис, которые впоследствии измельчаются и мульчируют почву на определенное время и затем запахиваются как сидераты. Результаты исследований показали успешность этой культуры в качестве кулисных посевов.

Полевые опыты с использованием сахарного сорго в качестве кулисных посевов показали превышения высоты снежного покрова на 50–70 см, что способствовало дополнительному обеспечению влагой до 100 мм на 1 га или 1 тыс. м³/га. Этот показатель сопоставим с суммой всех летних осадков по среднемноголетним данным или идентично трем поливам по 350 м³. Традиционный черный пар при сухой осени и в малоснежные годы, при раннем наступлении жары не позволяет сохранить достаточно влаги для прорастания семян. Не защищенное паровое поле теряет до 30 % осенне-зимних осадков и все летние осадки. Отмечено, что даже сорняки из группы яровых поздних в таких условиях не прорастают. Почва по черному пару в засуху становится «стерильной», отбор проб показал отсутствие активности работы почвенных организмов. Мезобиоты, на фоне отсутствия необходимой для их существования влажности, отсутствуют, что не дает возможности формирования структурных отдельностей, снижая структурность почвенной массы. В опыте мы посеяли по черному пару кулисы из сахарного сорго. Выбрали культуру по нескольким причинам дешево, неприхотливо, устойчиво. Сорго на пару высевается в конце июня, когда

полевая влажность минимальна, для всходов сорго требует 25 % влаги от веса зерна, никакая другая культура не всходит кроме сорго и к сентябрю культура вырастает до 2 м высоты, при этом развивает мощную корневую систему, устойчивую к ветроломам и снежным наносам. Кроме того, сорго имеет хорошую продуктивную массу. В снегозадерживающем плане кулисы из сахарного сорго формируют неполегающую гибкую аэродинамическую решетку, и кулисы собирают снег, не только в приземном слое, но и на высоте до 2 м. Наш эксперимент показал, что сорго благополучно выполняет функцию кулис два сезона (при пересеве весной), даже высохшее сорго продолжает снижать силу ветра в приземном слое, уменьшая степень иссушения. Проведенный анализ гидротермического режима показывает, что среди кулис создается определенный микроклимат, поддерживающий влажность воздуха, в межкулисном пространстве. Это не только задержание снега зимой, но и снижается сила ветра в весенний период, иссушающая почву, кроме того, создается эффект удержания утренней росы. Улучшение режима влажности создает благоприятные свойства для активной работы микрофлоры, что в свою очередь сказывается на содержании нитратного азота, увеличивая его содержание в 2–3 раза по сравнению с бескулисным паром.

Влагообеспеченность почвы в различных агроценозах озимой пшеницы (0–100 см)

Вариант	Абсолютная влажность, %		Запас влаги, мм водного столба	
	Май	Июнь	Май	Июнь
Озимая пшеница (с кулисами)	21,5	25,7	51,6	60,2
Озимая пшеница (без кулис)	18,8	11,2	45,1	26,8

Посев озимой пшеницы по куливному пару дает большое преимущество в формировании заносов снега высотой 70–80 см снега на поле с кулисами, без кулис мощность снегового покрова составила 20–25 см. Это сказалось на не только весенней влагообеспеченности, но и способствовало снижению риска вымерзания озимой пшеницы в посевах. Промерзание почвы в посевах озимой пшеницы по кулисам из сорго составило 8–10 см, без кулис 40–60 см, при этом температура на глубине узла кущения составила –4 °С при –30 °С на поверхности. При осмотре посевов после таяния снега в кулисах сохранность составила 100 %, а без кулис 75–80 %.

Мониторинг влагообеспеченности почвы на посевах озимой пшеницы показал, что при кулисном варианте посева сорго влага сохраняется дольше и запасы влаги в три раза больше, чем на полях без кулис.

Талая вода в кулисах и в межкулисном пространстве не скатывалась по склону, а вся впитывалась в почву, что является важным аспектом влагообеспеченности, так как в наших условиях за летний период может не выпасть ни одного дождя. Весенний захват почвой влаги способствует активизации почвенной биоты. Учет численности почвенных беспозвоночных показал, что Lumbricidae было в 6 раз больше на полях с кулисами и составила – 10,1 экз/м². Как следствие, улучшается оструктурирование почвы, создавая оптимальное соотношение капиллярной и некапиллярной пористости в соотношении 2:1, при этом плотность почвы составила 0,8 г/см³.

Таким образом, кулисы из сорго обеспечивают сохранение не только весенней влаги, но и конденсата летнего периода, а это в свою очередь создает благоприятные условия для микробиотического комплекса, отвечающего за плодородие почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппова, А. В. К вопросу о сохранении запасов весенней влаги аграрных ценозов в условиях засушливого климата Оренбургской области / А. В. Филиппова, В. В. Каракулев, Н. М. Кутдусова. – Lucrari stiintifice volumul 39 Agronomie si ecologie Chisinau, 2013.

УДК 631.4

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПСТА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПЛОДОРДИЯ

О. В. ЧЕРНИКОВА, канд. биол. наук
ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний»,
г. Рязань, Российская Федерация

Ю. А. МАЖАЙСКИЙ, д-р с.-х. наук, профессор
Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»,
г. Рязань, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований по влиянию компоста многофункционального назначения на восстановление плодородия серой лесной почвы, вновь вводимой в сельскохозяйственный оборот. Наилучший результат получен при совместном внесении КМН в дозе 10 т/га и N₄₀P₁₂₀K₁₂₀, а также на варианте с минеральным комплексом N₄₀P₂₄₀K₂₄₀.

Ключевые слова: серая лесная почва, компост многофункционального назначения, плодородие.

Одним из важных аспектов выполнения задач аграрной политики, которая основана на повышении и сохранении плодородия земель, а также создании необходимых условий для вовлечения в сельскохозяйственный оборот малопродуктивных, неиспользуемых земель, формирования рациональной структуры сельхозугодий является эффективное

использование земельных ресурсов, в том числе мелиоративного фона [3, 5].

Рациональное применение удобрений и направленное регулирование плодородия почвы являются не только высокоэффективными способами интенсификации продукционного процесса культурных растений, но и дают возможность введения в сельскохозяйственный оборот залежных ранее использованных земель, а также обеспечение устойчивого функционирования экосистемы [1, 2, 4].

В лизиметрах до закладки опыта были отобраны почвенные образцы с целью изучения агрохимических и агроэкологических свойств серой лесной почвы. В конце 90-х годов в этих лизиметрах прошлого века изучалась биодетоксикация загрязненной почвы нефтепродуктами и нефтью. Вследствие того, что нефть содержит достаточно большое количество тяжелых металлов, то определили некоторые из них (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимические и агроэкологические показатели серой лесной почвы до внесения мелиорантов

Агрохимические показатели	Единицы измерения	Глубина, см	Средние показатели в почве
Углеводороды	мг/кг	0–20	483
		20–40	354
pH _{ксл}		0–20	6,6
		20–40	6,8
pH водная вытяжка		0–20	7,1
		20–40	7,3
Гидролитическая кислотность	мг-экв/100	0–20	1,94
		20–40	1,49
Гумус по Тюрину	%	0–20	2,76
		20–40	2,31
Степень насыщенности основаниями	%	0–20	85,1
		20–40	88,4
Сумма поглощенных оснований	мг-экв/100	0–20	11,1
		20–40	11,3
Цинк, Zn	мг/кг	0–20	29,5
		20–40	35,7
Медь, Cu	мг/кг	0–20	9,5
		20–40	11,1
Свинец, Pb	мг/кг	0–20	29,7
		20–40	34,3
Никель, Ni	мг/кг	0–20	14,9
		20–40	19,4
Марганец, Mn	мг/кг	0–20	405
		20–40	439
Кадмий, Cd	мг/кг	0–20	0,17
		20–40	0,26
Кобальт, Co	мг/кг	0–20	7,2
		20–40	7,3

Концентрация нефтепродуктов в серой лесной почве лизиметров на уровне фона составляла в среднем 483, 354 мг/кг, в зависимости от глубины отбора проб. Потенциальная кислотность H_T невысокая и составляла от 1,94 до 1,49 мг-экв/100, почва нейтральная.

Степень насыщенности основаниями составило 85,1 % и 88,5 %. Содержание тяжелых металлов и микроэлементов было в соответствии с региональным геохимическим фоном. Исключение составила концентрация свинца, которая составила 12 мг/кг и превысила фоновые показатели в 2,5 раза в слое 0–20 см, в 2,9 раза в слое 20–40 см.

Наиболее сбалансированное питание растений в практике сельскохозяйственного производства можно достигнуть при использовании научно обоснованной системы применения удобрений, которая обусловлена оптимальным их составом. Как следствие, в лизиметрическом опыте была исследована органическая система, представленная новой формой в виде компоста многоцелевого назначения (КМН) с дозами 16, 8, 6 т/га. Органоминеральная система состояла из КМН дозами 10, 6, 3 т/га совместно с минеральными удобрениями $N_{40}P_{120}K_{120}$. Минеральная система была представлена $N_{40}P_{240}K_{240}$, т. е. высокой нормой азотных, фосфорных и калийных туков. Агрохимические показатели серой лесной почвы говорят о том, что данные почвы нейтральные и близкие к нейтральным, так как показатель $pH_{вод}$ находится в пределах от 7,2 до 6,7. Суммарное содержание азота характерно для данного типа почв. Усвояемого азота в форме нитратов и аммония относительно большое и основная его часть находится в виде ионов аммония (NH_4^+) (табл. 2).

Интенсификация процесса аммонификации при применении органо-минеральной и органической систем составила в 2,7–3,0 раза. Под воздействием минеральных удобрений произошло снижение общего содержания подвижных форм азота. Помимо этого, произошли изменения и в структуре их содержания. Концентрация нитратного азота выросла значительно. Это указывает на интенсификацию процесса нитрификации. В случае подобных тенденций возможно вымывание нитрат ионов NO_3^- . Все системы удобрений способствовали увеличению количества обменного калия и подвижного фосфора.

Результаты учета урожая показывают закономерность влияния исследуемых удобрительных средств на их эффективность в продукционном процессе (табл. 3).

Таблица 2. Влияние компоста многоцелевого назначения на агрохимические показатели серой лесной почвы

Варианты	Гумус, %	pH _{вод}	N _{общ.} , %	N, мг/кг			P ₂ O ₅	K ₂ O
				NH ₄	NO ₃	сумма	мг/100	
Исходная почва	2,4±0,4	7,1±0,1	0,110±0,011	4,6±0,5	0,35±0,10	4,95	22,5±4,5	12,9
Без удобрений	3,0±0,6	6,9±0,1	0,118±0,012	7,0±0,4	0,61±0,12	7,61	23,6±4,7	23,1±5,2
КМН 16	3,1±0,5	6,8±0,1	0,110±0,011	9,3±1,4	0,86±0,17	10,16	42,6±8,5	34,7±5,2
КМН 8	3,3±0,5	7,2±0,1	0,108±0,011	4,7±0,7	0,58±0,12	5,28	36,0±7,2	25,9±3,9
КМН 6	2,4±0,5	7,2±0,1	0,118±0,012	18,9±1,9	1,00±0,20	19,90	28,3±5,7	19,1±2,9
КМН 10 + N ₄₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,8±0,6	6,7±0,1	0,105±0,011	6,4±1,0	1,48±0,30	7,88	24,0±4,8	27,3±4,05
КМН 6 + N ₄₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,7±0,5	7,0±0,1	0,106±0,011	18,9±1,9	0,02±0,12	18,92	12,5±2,5	24,4±3,7
КМН 3 + N ₄₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,1±0,5	7,0±0,1	0,110±0,011	21,4±2,1	0,58±0,12	21,62	31,2±6,2	22,1±3,3
N ₄₀ P ₂₄₀ K ₂₄₀	3,9±0,6	6,7±0,1	0,108±0,011	5,8±0,9	3,48±0,70	9,28	28,7±5,7	33,1±5,0

Таблица 3. Эффективность компоста многоцелевого назначения в системах удобрений, на урожай зеленой массы трав

Варианты	Урожай 1-го укоса, ц/га			Урожай 2-го укоса, ц/га			Сумма 2 урожаев, ц/га
	Средний	Изменения		Средний	Изменения		
		ц/га	%		ц/га	%	
Без удобрений	123,9	–	–	66,9	–	–	190,8
КМН 16	194,7	70,8	57	91,0	24,1	36	285,7
КМН 8	150,5	26,6	21	67,2	0,3	0,5	217,6
КМН 6	108,4	15,5	13	82,6	15,7	23	191,0
КМН 10 + N ₄₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	239,0	115,1	93	100,9	34,0	51	339,9
КМН 6 + N ₄₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	199,1	75,2	61	95,7	28,8	43	295,3
КМН 3 + N ₄₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	159,3	35,4	29	84,1	17,2	26	243,4
N ₄₀ P ₂₄₀ K ₂₄₀	234,5	110,6	86	92,5	25,8	38	327,0
НСР _{0,95}	24,6	m = 4,1 %		12,5	m = 4,3 %		20,9

Наибольший урожай зеленой массы в первом и втором укосах получен при совместном внесении компоста многофункционального назначения и минеральных удобрений КМН10 + N₄₀P₁₂₀K₁₂₀ и N₄₀P₂₄₀K₂₄₀. В сумме двух укосов получены прибавки в массе 149,1 ц/га (78 %) и 136,2 ц/га (71 %) соответственно.

Варианты, где применялись другие системы удобрений в целом показали положительную тенденцию, при этом были получены прибавки зеленой массы от 26,8 ц/га до 104,5 ц/га (14 %–55 %).

Итак, по результатам исследований возможно выделить вариант с внесением КМН10+N₄₀P₁₂₀K₁₂₀.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение органических удобрений в интенсивном земледелии: Рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015. – 50 с.
2. Вильдфлуш, И. Р. Ресурсосберегающие приемы повышения эффективности удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш, Т. Ф. Персикова, А. Р. Цыганов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 2. – С. 7–12.
3. Евтюхин, В. Ф. Влияние систем удобрений на продуктивные функции сельскохозяйственных культур в условиях смоделированного загрязнения чернозема тяжелыми металлами / В.Ф. Евтюхин, А. В. Ильинский, О. В. Черникова // Агрохимический вестник. – 2011. – № 3. – С. 24–26.
4. Персикова, Т. Ф. Агроэкологические аспекты повышения плодородия дерново-подзолистых почв / Т. Ф. Персикова // Агрохимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 3–6.
5. Черникова, О. В. Приемы восстановления плодородия черноземных почв, загрязненных тяжелыми металлами / О. В. Черникова, А. Н. Карпов // Агрохимический вестник. – 2014. – № 2. – С. 24–25.

ДИНАМИКА АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КУРИНОГО ПОМЕТА И НАВОЗА КРС

М. В. ЦАРЁВА, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Перед уборкой озимой пшеницы, не зависимо от гранулометрического состава дерново-подзолистой почвы, при внесении куриного помета снизилась на 1,5–2 % степень насыщенности основаниями, на 2–3 мэкв/100 г почвы сумма обменных оснований, на 1–3 % пористость аэрации. Перед уборкой кукурузы обменная кислотность, не зависимо от вида органического удобрения и гранулометрического состава почвы, снизилась с р_{Нксл} 6,12 до 7,18, увеличилась степень насыщенности основаниями с 86 до 97,3 %, плотность почвы с 1,17 до 1,97 г/см³, пористость аэрации с 10,2 до 22,3 %.

Ключевые слова: куриный помет, навоз КРС, дерново-подзолистая почва, гранулометрический состав, агрофизические свойства.

Воспроизводство плодородия почв, создание положительного или бездефицитного баланса питательных веществ для растений и гумуса в почве – важнейшие задачи в условиях интенсивного земледелия. Эти задачи можно успешно решать при систематическом научно обоснованном применении органических и минеральных удобрений в севообороте. Поэтому значение органических удобрений в отечественном земледелии никогда не снизится даже при полном удовлетворении сельского хозяйства минеральными удобрениями [1].

Из всех видов органических удобрений главное место принадлежит навозу. Он оказывает комплексное многостороннее воздействие на почву. Это источник азота, зольных макроэлементов и микроэлементов он улучшает их круговорот в системе почва-растение. Под влиянием органического вещества навоза усиливаются микробиологические процессы в почве, в результате повышается растворимость, а следовательно, и доступность растениям элементов минерального питания. Например, нерастворимые фосфаты кальция, железа, алюминия и другие формы переходят в соединения, усвояемые растениями [2].

Правильное использование навоза обеспечивает высокий эффект на всех типах почв, практически не уступая действию минеральных удобрений.

Куриный помет – это ценное органическое удобрением с высоким содержанием основных элементов питания (азота, фосфора и калия) и

микроэлементов. По содержанию питательных веществ он превосходит любое органическое удобрение, а по доступности – не уступает минеральным удобрениям. Куриный помет является нейтральным удобрением он содержит до 3 % СаО и до 1 % MgO, доля содержания органического вещества в нем составляет 70 %. Кальций и магний, находящиеся в помете, снижают кислотность почвы, а полезные микроорганизмы повышают ее биологическую активность. Это удобрение обеспечивает положительный баланс азота, фосфора и гумуса в почве, повышают ферментативную активность, дыхание и потенциальную азотфиксирующую способность почвы [3].

Исследования по изучению динамики изменения агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы при использовании куриного помета и навоза КРС проводились в 2016–2018 гг. в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» и на кафедре почвоведения УО БГСХА.

Выход птичьего помета в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика, в год составляет более 120000 т. подстилочного навоза КРС – 47000 т. В среднем по хозяйству под кормовые культуры вносят 80–100 т/га, зерновые 40–60 т/га органических удобрений в виде куриного помета и навоза КРС.

На дерново-подзолистой типичной, развивающейся на водноледниковых супесях, подстилаемых с глубины 0,4 м моренным суглинком, связносупесчаной почве и дерново-подзолистой типичной, развивающейся на легких моренных суглинках, иногда сменяемых средними суглинками с глубины 0,2–0,3 м, среднесуглинистой почве были заложены полевые опыты. Перед посевом и уборкой ежегодно в годы исследований были отобраны образцы почвы для определения агрофизических свойств. Гидролитическую кислотность (Нг) определяли по методу Каппена, сумму обменных оснований (S) по методу Каппена-Гильковица. Агрофизические свойства почвы гигроскопическую и максимальную влажности, плотность почвы из рассыпного образца, плотности твердой фазы, пористость определяли по общепринятым методикам.

Схема опыта с озимой пшеницей:

1. Контроль;
2. 40 т/га куриного помета;
3. 40 т/га навоза КРС.

Схема опыта с кукурузой:

1. Контроль;
2. $N_{100}P_{70}K_{120} + 80$ т /га куриного помета на соломенной подстилке;
3. 80 т /га куриный помет на соломенной подстилке;
4. $N_{100}P_{70}K_{120} + 80$ т /га навоза КРС на соломенной подстилке;
5. 80 т /га навоз КРС на соломенной подстилке.

Из азотных удобрений в опытах применяли мочевину (46 % д. в.); фосфорных – аммофос (N:P 12:52 % д. в.), из калийных – хлористый калий (60 % д. в.). Определение содержания элементов питания в органических удобрениях, используемых в опыте, проводили по общепринятым ГОСТовым методикам.

В курином помете, полученном на «Витебской бройлерной птицефабрике», применяемом в опытах в 2016–2018 гг. содержание элементов питания колебалось: общего азота от низкого 6,2 (2016 г.) до высокого 27,1 (2018 г.); P₂O₅ от низкого 7,0 (2016 г.) до 14,3; K₂O от 5,8 (2016 г.) до высокого 19,6 (2017 г.); низкое содержание CaO 5,8 (2016 г.) и 10,7 (2018 г.); MgO от 5,2 (2016 г.) до высокого 12,60 кг/т (2017 г.) кг/т; высокое содержание цинка от 129,4 (2016 г.) до 569,4 (2017 г.); меди от 43,3 (2016 г.) до 99,1 (2017 г.); марганца от 109,7 (2018 г.) до 434,6 (2017 г.); свинца от 4,2 (2016 г.) до 19,7 (2017 г.); кадмия от 0,0 (2016 г.) до 0,14 (2017 г.). Эти данные говорят о том, что химический состав подстилочного куриного помета резко изменяется и содержание элементов питания колеблется от низкой до высокой, что следует учитывать при использовании его в качестве органического удобрения. Особое внимание следует обратить на содержание микроэлементов, где отмечается избыточное содержание меди, цинка, содержание свинца от фонового до повышенного. В навозе КРС содержание общего азота колеблется от 4,8 (2016 г.) до высокого 9,0 (2017 г.); высокое содержание фосфора от 7 до 10; калия от 5,2 до 6,5; кальция от 3,41 до 6,02; высокое содержание магния от 2,82 до 4,76 кг/т., низкое содержание микроэлементов Zn 16,4 мг/кг и меди – 1,33 мг/кг – фоновое свинца от 2,04 до 5,2 и кадмия 0,073 мг/кг.

Применение органических удобрений, гранулометрический состав почвы и биологические особенности культур оказали влияние на физико-химические и физические свойства почвы.

Анализ физико-химических и физических свойств дерново-подзолистой связносупесчаной почвы в годы исследований при выращивании озимой пшеницы перед ее посевом показал, что обменная кислотность колебалась от слабокислой (рН_{KCl} 5,62 в 2017 г.) до близкой к нейтральной (рН_{KCl} 6,57 в 2015 г.), среднесуглинистой от слабокислой (рН_{KCl} 5,65 в 2015 г.) до близкой к нейтральной (рН_{KCl} 6,40 в 2016 г.), степень насыщенности основаниями колебалась от 87 до 97 %, т. е. для возделывания озимой пшеницы по кислотности это была подходящая почва. Плотность связносупесчаной почвы колебалась от 1,35 (2017 г.) до 2,78 г/см³ (2015 г.), пористость аэрации от 12,8 (2015 г.) до 26,15 % (2017 г.), среднесуглинистой от 1,27 (2017 г.) до 3,13 г/см³ (2015 г.), пористость аэрации от 12,5 % (2015 г.) до 24,45 % (2017 г.) (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические и физические свойства почвы перед посевом озимой пшеницы (за 3 года)

Показатели	Куриный помет						Навоз (КРС)			
	дерново-подзолистая связно-песчаная			дерново-подзолистая среднесуглинистая			дерново-подзолистая связно-песчаная		дерново-подзолистая среднесуглинистая	
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2015	2016
pH _{KCl}	6,57	5,90	5,62	5,65	6,40	6,11	6,61	5,80	5,70	6,40
Hg	1,43	0,57	0,43	2,16	0,95	0,47	1,24	0,50	2,65	0,85
S	19,18	11,40	14,24	14,15	10,20	15,45	16,23	6,40	13,94	7,60
ЕКО	20,61	11,97	14,67	16,31	11,15	15,92	17,47	6,90	16,59	8,45
V, %	93,06	96,00	97,00	86,76	91,00	97,00	92,90	93,00	84,03	90,00
dv	2,78	1,81	1,35	3,13	1,97	1,27	2,32	1,78	3,04	1,92
d	1,37	2,77	2,42	1,43	2,80	2,43	1,29	2,61	1,46	2,80
P _{обит} %	51,00	35,00	44,21	48,00	30,00	48,23	44,00	32,00	52,00	31,00
P _{аэр} %	12,80	19,50	26,15	14,85	12,50	24,48	15,05	20,30	19,91	15,70

Перед уборкой озимой пшеницы не зависимо от гранулометрического состава почвы при внесении куриного помета снизилась на 1,5–2 % степень насыщенности основаниями, на 2–3 мэкв/100 г почвы сумма обменных оснований, на 1–3 % пористость аэрации. Но при внесении навоза КРС, наоборот на 3–4 % увеличилась степень насыщенности основаниями и на 2–3 мэкв/100 г. почвы сумма обменных оснований, пористость аэрации на 2–3 % (табл. 2). Таким образом, навоз на соломенной подстилке КРС к уборке озимой пшеницы оказал положительное влияние на физические и физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы. Следует обратить внимание на то, что постоянное применение куриного помета на соломенной подстилке сможет привести к увеличению кислотности почвы, снижению степени насыщенности основаниями, пористости аэрации, что в дальнейшем скажется на развитии растений.

Во все годы исследований перед посевом кукурузы почва была слабокислая (pH_{KCl} 5,80–6,20), степень насыщенности основаниями колебалась от 74 (2016 г.) до 94 % (2018 г.), плотность твердой фазы от 2,00 (2016 г.) до 2,80 г/см³, общая пористость от 37 (2016 г.) до 60,9 % (2018 г.) (табл. 3).

Таблица 2. Физико-химические и физические свойства почвы перед уборкой озимой пшеницы

Показатели	Куриный помет						Навоз (КРС)				Контроль	
	дерново-подзолистая связносупесчаная			дерново-подзолистая среднесуглинистая			дерново- подзолистая связносупесчаная		дерново- подзолистая сред- несуглинистая		дерново- подзолистая	дерново- подзолистая сред- несуглинистая
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2016	2017	2016	2017
pH _{KCl}	6,88	6,03	5,87	6,00	6,29	6,29	6,76	5,97	6,51	6,32	5,60	5,80
Hg	1,07	0,84	0,44	1,57	1,12	0,42	0,71	0,76	1,25	0,97	0,42	0,44
S	15,66	12,81	13,12	28,64	11,74	11,74	12,63	7,15	11,73	7,82	13,19	12,44
ЕКО	16,73	13,65	19,56	30,21	12,86	12,16	13,34	7,91	12,98	8,79	13,61	12,88
V, %	93,60	94,00	96,80	94,80	91,00	96,50	94,68	90,00	90,37	89,00	96,90	96,90
dv	3,13	1,74	1,72	3,07	1,82	1,86	3,15	1,62	2,82	1,80	1,59	1,03
d	1,49	2,52	2,59	1,41	2,64	2,64	1,35	2,47	1,47	2,64	2,49	2,52
P _{общ.} , %	52,00	33,00	34,60	46,00	31,00	30,55	57,00	32,00	48,00	32,00	37,15	36,68
P _{азр.} , %	12,56	11,70	19,27	3,65	11,70	16,45	17,88	14,60	4,94	13,20	19,32	16,57

95

Таблица 3. Физические и физико-химические свойства почвы до посева кукурузы

Показатели	Дерново-подзолистая связносупесчаная			Дерново-подзолистая среднесуглинистая		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
pH _{KCl}	5,80	5,95	6,15	5,73	6,20	5,91
Hg	2,83	1,84	1,16	2,65	1,41	0,65
S	8,59	6,00	18,68	23,13	8,00	20,91
ЕКО	11,42	7,84	19,84	31,26	9,41	21,56
V, %	75,22	77,00	94,20	73,99	85,00	90,90
dv	1,29	1,21	0,94	1,45	1,42	1,38
d	2,00	2,46	2,30	2,80	2,61	2,41
P _{общ.} , %	48,00	51,00	60,86	37,00	46,00	43,74
P _{азр.} , %	5,25	37,00	35,24	1,71	32,00	25,71

Как показали результаты трехлетних исследований, при внесении куриного помета перед уборкой кукурузы обменная кислотность независимо от вида органического удобрения и гранулометрического состава почвы снизилась, колебалась от pH_{KCl} 6,12 до 7,18, степень насыщенности основаниями от 86 до 97,3 %, плотность почвы от 1,17 до 1,97 г/см³, пористость аэрации от 10,2 до 22,3 %. При внесении навоза КРС на связносупесчаной почве обменная кислотность снизилась с pH_{KCl} 5,80 до 6,18 (2017 г.), гидролитическая с 2,83 до 1,50 (2016 г.) степень насыщенности основаниями с 75 % (2016 г.) до 83 %, снизилась общая пористость с 51 (2017 г.) до 32 %. В меньшей степени эти изменения коснулись среднесуглинистой почвы (табл. 4).

Судя по физическим и физико-химическим свойствам, почва плодородная. Таким образом, вид органического удобрения, биологические особенности культуры и гранулометрический состав почвы оказывают влияние на ее агрофизические свойства. Перед уборкой озимой пшеницы, независимо от гранулометрического состава дерново-подзолистой почвы, при внесении куриного помета снизилась на 1,5–2 % степень насыщенности основаниями, на 2–3 мэкв/100 г почвы сумма обменных оснований, на 1–3 % пористость аэрации; при внесении навоза КРС на 3–4 % увеличилась степень насыщенности основаниями и на 2–3 мэкв/100 г почвы сумма обменных оснований, пористость аэрации на 2–3 % (31–33 %). Перед уборкой кукурузы обменная кислотность, независимо от вида органического удобрения и гранулометрического состава почвы, снизилась с pH_{KCl} 6,12 до 7,18, увеличилась степень насыщенности основаниями с 86 до 97,3 %, плотность почвы с 1,17 до 1,97 г/см³, пористость аэрации с 10,2 до 22,3 %.

При внесении навоза КРС на связносупесчаной почве обменная кислотность снизилась с pH_{KCl} 5,80 до 6,18, гидролитическая с 2,83 до 1,50 мэкв/100 г почвы, общая пористость с 51 до 32 % увеличилась степень насыщенности основаниями с 75 % до 83 %.

Таблица 4. Физические и физико-химические свойства почвы перед уборкой кукурузы (за 3 года)

Показатели	Куриный помет						Куриный помет+NPK				Навоз (КРС)				Навоз (КРС)+NPK		Контроль	
	дерново-подзолистая связно-супесчаная			дерново-подзолистая среднесуглинистая			дерново-подзолистая связно-супесчаная		дерново-подзолистая среднесуглинистая		дерново-подзолистая связно-супесчаная		дерново-подзолистая среднесуглинистая		дерново-подзолистая связно-супесчаная	дерново-подзолистая среднесуглинистая		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2018	2016	2018	2016	2017	2016	2017	2016	2016	2018	2018
pH _{KCl}	6,80	6,19	6,29	7,08	6,40	6,85	7,18	6,12	6,02	6,79	6,08	6,18	6,90	6,40	6,75	7,00	5,74	5,97
Hg	1,83	1,87	0,97	0,89	1,55	0,72	0,88	1,03	1,10	0,93	1,50	1,82	1,34	1,45	1,15	0,89	1,01	1,09
S	10,59	11,40	16,11	27,54	8,30	21,05	32,22	15,32	17,50	20,32	12,59	7,40	24,28	8,60	8,59	12,24	15,09	15,22
ЕКО	11,42	13,27	17,58	28,43	9,85	21,77	33,10	16,35	19,60	21,25	15,45	9,22	25,62	10,05	9,74	13,13	16,10	16,31
V, %	92,73	86,00	94,5	96,87	85,00	96,70	97,34	93,70	89,30	95,60	83,82	80,00	94,77	86,00	88,19	93,22	93,70	93,30
dv	1,29	1,81	1,21	1,17	1,97	1,48	1,38	1,32	1,48	1,44	1,44	1,78	1,34	1,92	1,51	1,34	1,34	1,68
d	2,00	2,77	2,37	2,55	2,80	2,54	2,50	2,44	2,56	2,61	2,22	2,71	3,00	2,80	2,25	3,08	2,40	2,57
P _{общ} , %	37,00	35,00	49,05	54,00	30,00	42,00	45,00	46,01	55,00	45,00	47,00	32,00	55,00	31,00	32,00	50,00	45,80	35,00
P _{аэр} , %	11,71	19,50	22,30	10,25	12,50	20,15	17,26	22,70	12,09	20,54	5,58	10,30	11,28	15,70	6,05	16,07	20,13	18,16

ЛИТЕРАТУРА

1. Органические удобрения для производства экологически чистых продуктов питания / В. Д. Харитонов [и др.] // Пищевая промышленность. – 2012. – № 8. – С. 22–23.
2. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2007. – С. 387.
3. Использование птичьего помета в земледелии: науч.-метод. руководство / под общ. ред. акад. РАСХН В. И. Фисинина и В. Г. Сычева. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2013. – 272 с.

УДК 633.3:631.4

ВЛИЯНИЕ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Б. В. ШЕЛЮТО, д-р с.-х. наук, профессор,

А. Л. РАШКЕВИЧ, студент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

М. А. ПАСТУХОВА, канд. с.-х. наук

«Полесский аграрно-экологического институт НАН Беларуси»,
г. Брест, Республика Беларусь

В статье отражено влияние возделывания сільфии пронзеннолистной на водно-физические свойства разных почвенных разновидностей. Установлено, что благодаря мощно развитой корневой системе сільфии при длительном ее возделывании на уплотненных почвах способствует разуплотнению пахотного горизонта исследуемой почвы от сильно уплотненной до уплотненной почвы, улучшению водно-воздушного режима почв. Отмечена тенденция к снижению плотности от 1,43 г/см³ до 1,33 г/см³ пахотного слоя (0–20 см) дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы с четвертого года жизни плантаций сільфии.

Ключевые слова: сільфия пронзеннолистная, почва, водно-физические свойства.

Эффективное земледелие невозможно без учета агрохимических и водно-физических особенностей почв. Улучшение и поддержание оптимальных агрофизических свойств почвы является одним из важнейших путей управления ее плодородием [4]. Как известно, почва с хорошими агрофизическими свойствами, отвечая потребностям растений, обеспечивает их нормальный рост и развитие. Удельным весом почвы называют отношение твердой фазы почвы к весу равного объема воды при $t + 4$ °С. Удельный вес большинства почв колеблется в среднем от 2,3 до 2,9. Наиболее часто встречается этот показатель в диапазоне значений 2,4–2,7. Величина удельного веса зависит от количества гумуса и органических веществ в почве и от ее минералогического состава. Чем больше в почве содержится гумуса, тем меньше ее удельный вес. Чем больше в почве минеральных частиц и чем выше их удельный вес, тем больше удельный вес почвы. В почвах однородного

минералогического состава по горизонтам удельный вес меняется незначительно: он несколько ниже в верхних горизонтах.

При оптимальной плотности складываются благоприятные для роста и развития растений водно-воздушный и питательный режимы, а также микробиологическая активность почвы [5].

С увеличением плотности снижается и влагоемкость почвы, резко ухудшается использование растениями почвенной влаги – увеличивается влажность устойчивого завядания и количество недоступной растениям влаги, ухудшаются условия для развития корневой системы растений, жизнедеятельности микроорганизмов, снижается обеспеченность растений азотом [6].

Для большинства культурных растений оптимальной является плотность пахотного слоя 1,1–1,3 г/см³ [1]. По данным других исследователей, оптимальные значения плотностей пахотного горизонта разных типов почв от песчаного до глинистого гранулометрического состава находятся в интервале от 1,0 до 1,4 г/см³ [2].

Исследования по возделыванию силфий пронзеннолистной проводились в 2014–2019 годах в ОАО «Спорово» Березовского района (Березовский район), ОАО «Жабинковский» (Жабинковский район) и на стационаре «Агробиостанция» (г. Брест). Экспериментальные участки представлены типичными для условий юго-запада Беларуси почвами

Анализы по определению водно-физических свойств почв выполнялись согласно методикам, предложенным Институтом почвоведения и агрохимии, а также по стандартным методикам [1, 5].

Показатели водно-физических свойств исследуемых почв в табл. 1.

Таблица 1. Водно-физические свойства почв экспериментальных участков

Почва	Глубина взятия образца, см	Удельный вес, г/см ³	Плотность (объемный вес), г/см	Влажность завядания	Гигроскопическая влажность	Полная влагоемкость	Пористость	Содержание в почве воздуха	Запас полезной влаги (ЗПВ)
ДПК	0–20	2,63	0,89	0,94	0,70	74,34	66,16	28,81	36,52
ДГП	0–20	2,59	0,98	2,40	1,79	63,43	62,16	9,03	50,77
ТБ	0–20	1,94	0,33	19,03	14,2	251,48	82,99	14,84	61,87
ДПСГ	0–20	2,63	1,34	0,94	0,70	36,60	49,05	20,01	35,78
ДПС	0–20	2,63	1,43	0,94	0,70	27,67	39,57	17,73	18,92

Учитывая полученные данные водно-физических свойств почв экспериментальных участков, наиболее показательными являются исследования по изучению влияния сильфии пронзеннолистной на плотность сложения почвенных горизонтов, проводимые на наиболее уплотненной ДПС почве в период 2014–2019 гг., где плотность сложения пахотного горизонта близка к критической.

Результаты исследований 2014–2019 гг. установили положительную тенденцию изменения водно-физических свойств исследуемой почвы под посевами сильфии пронзеннолистной (табл. 2).

Таблица 2. Водно-физические свойства ДПС почвы на плантации сильфии пронзеннолистной (2014–2019 гг.)

Годы исследований	Слой, см	Плотность (объемный вес), г/см ³	Полная влагоемкость	Пористость	Содержание в почве воздуха	Запас полезной влаги (ЗПВ)
			в весовых %			
2014	0–20	1,43	25,29	39,57	17,73	18,92
2015	0–20	1,42	32,40	46,01	28,57	16,10
2016	0–20	1,40	33,41	46,77	26,95	27,7
2017	0–20	1,34	36,60	49,05	20,01	35,78
2018	0–20	1,37	47,44	55,51	17,63	36,78
2019	0–20	1,33	37,17	49,43	24,68	23,50

Наиболее показательным критерием оценки положительного воздействия культуры на агрофизические свойства почвы является ее разуплотнение. Повышенная плотность сложения почвы отрицательно влияет на рост и развитие растений. Причинами угнетения культурных растений в слишком плотной почве является высокое сопротивление проникновению корневой системы, слабая аэрация, снижение общего количества влаги, низкая водопроницаемость, приводящая к вымоканию растений и усилению поверхностного стока с развитием эрозийных процессов.

По результатам наших многолетних исследований (табл. 2) отмечена тенденция к снижению плотности от 1,43 г/см³ до 1,33 г/см³ пахотного слоя ДПС почвы опытного стационара. По классификации Н. А. Качинского [3], пахотный горизонт исследуемой почвы изменился от сильно уплотненной до уплотненной почвы. Наибольшее разуплотнение произошло в последние три года (2017–2019 гг.); наблюдалось заметное снижение плотности по сравнению с периодом 2014–2016 гг. По нашему мнению, разуплотнение произошло за счет роста и развития мощной корневой системы растений сильфии пронзеннолистной.

Рекомендовать размещение плантаций сильфии на уплотненных минеральных почвах в условиях Брестской области на долгосрочную перспективу как экологически рациональный способ улучшения их водно-физических характеристик. Отмечена тенденция к снижению плотности от 1,43 г/см³ до 1,33 г/см³ пахотного слоя (0–20 см) дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы с четвертого года жизни плантаций сильфии пронзеннолистной за счет роста и развития мощной корневой системы растений культуры. Размещение сильфии на уплотненных почвах способствует разуплотнению пахотного горизонта исследуемой почвы от сильно уплотненной до уплотненной почвы, улучшению водно-воздушного режима почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кауричев, И. С. Почвоведение / И. С. Кауричев. – Изд. 4-е. – М., 1989. – 719 с.
2. Кузнецова, И. В. Об оптимальной плотности почв / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 43–54.
3. Качинский, Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – Ч. 1. – М., 1965. – 322.
4. Пастухова, М. А. Влияние сильфии пронзеннолистной на водно-физические свойства минеральных почв в условиях Брестской области / М. А. Пастухова, А. Н. Гапонюк, Б. В. Шелюто // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / Гродненский гос. аграрный ун-т; редкол.: В. К. Пестис (гл. ред.) [и др.]. – Гродно, 2019. – С. 85–93.
5. Смеян, Н. И. Полеве исследование и картографирование антропогенно-преобразованных почв Беларуси: метод. указания / Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон. – Минск: Ураджай, 1990. – 19 с.
6. Шелюто, Б. В. Рост и развитие сильфии пронзеннолистной в зависимости от почвенных разновидностей в условиях Брестской области / Б. В. Шелюто, М. А. Пастухова // Мелиорация. – 2019. – № 1 (87). – С. 38–42.

Секция 5. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

УДК 378.09:378.2:574:631.4:624.131.4:629.7

РОЛЬ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

П. Н. БАЛАБКО, д-р биол. наук, профессор,
И. С. ПРОХОРОВ, канд. с.-х. наук, доцент,
С. С. ОГОРОДНИКОВ,
А. Е. СОРОКИН, канд. экон. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
г. Москва, Российская Федерация

В работе представлена информация о состоянии подготовки кадров высшего образования в Российской Федерации по направлениям «Экология», «Экологическая безопасность» и др. В частности, дано описание преподавания и самостоятельной работы учащихся по дисциплине «Почвоведение» в ведущем аэрокосмическом вузе – МАИ.

Ключевые слова: высшее образование, подготовка кадров, экология, почвоведение, авиация и космонавтика, исследования обучающихся, трудоустройство и перспективы.

В настоящее время наблюдается бурный рост экологического образования. Многие, на первый взгляд «непрофильные» вузы начали проводить подготовку студентов по различным экологическим направлениям.

В Москве подготовку экологов осуществляют: МГУ им. М. В. Ломоносова, РУДН, МГИМО, МАИ, МГТУ им. К. Г. Разумовского, МГОУ, РХТУ им. Д. И. Менделеева, РГСУ, ГУУ, ГУЗ, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, РГГРУ им. С. Орджоникидзе.

С учетом специфики вуза и ориентации выпускников на работу в различных отраслях, подготовка кадров должна отличаться. Поэтому уже на этапе обучения студентов возникает задача дифференциации экологического образования: для студентов МГИМО на первый план выходят вопросы международного экологического права, для студентов ГУУ вопросы управления и обеспечения экологической безопасности, для студентов МАИ реализация зеленых технологий в аэрокосмической отрасли.

В большинстве вузов при подготовке экологов изучается дисциплина «Почвоведение», в МГИМО она имеет другое название «Основы почвоведения и ландшафтоведения».

Таким образом, научное и преподавательское сообщество осознает необходимость изучения почвоведения при подготовке студентов-экологов.

Почва – ключевое звено функционирования экосистем и выполняет важнейшие глобальные функции почв: литосферные, гидросферные, общебиосферные.

Любой эколог должен быть знаком со свойствами почв, их разнообразием и классификацией, знать экологические функции почв, проблему деградации и загрязнения почв. Эти знания нужны не только, для расширения кругозора специалиста, но и для решения прикладных задач. Почвы – объект экологического мониторинга и контроля. В практической деятельности эколог сталкивается с необходимостью оценки почв при проведении мониторинга и производственного экологического контроля, при выполнении работ по рекультивации, при оценке ущерба и т. д.

Задача дисциплины «Почвоведение» – заложить основу для других прикладных дисциплин «Экологический мониторинг», «Оценка воздействия на окружающую среду», «Геоинформационные системы в экологии и природопользовании», «Воздействие авиационных производств на окружающую среду» и т. д.

Таким образом, необходимость преподавания почвоведения в ходе подготовки бакалавров и магистров по профилю «Экология» не вызывает сомнений. Выполнение ряда выпускных квалификационных работ (далее – ВКР) также требует знания методов отбора проб, выполнения химических испытаний почв и интерпретации их результатов.

Между тем осуществляя разработку учебного курса необходимо учитывать особенности отрасли, в которой будут работать подготовляемые специалисты.

Цель исследования. Проанализировать и обобщить опыт преподавания и организации научно-исследовательских работ, реализуемых в рамках учебного процесса на кафедре 614 «Экология, системы жизнеобеспечения и безопасность жизнедеятельности» факультета № 6 «Аэрокосмический» Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Был проведен сравнительный анализ рабочих программ дисциплин по «Почвоведению» различных вузов и определены специфические темы, необходимые для более подробного изучения при подготовке кадров аэрокосмической отрасли.

Проанализированы темы и содержание ВКР бакалавров и магистерских диссертаций, выполненных на кафедре 614 «Экология системы жизнеобеспечения и безопасность жизнедеятельности» в период с 2018 по 2021 г.

Выпускники кафедры строят свою дальнейшую карьеру в трех основных направлениях:

– эколог на профильном предприятии аэрокосмической отрасли;

- экологические организации (проектные, изыскательские) напрямую не связанные с аэрокосмической отраслью;
- научно-исследовательские деятельность и инновации.

Специфика курса «Почвоведение» в авиационном вузе. В ходе изучения курса почвоведения наряду с основными темами курса (морфология почв, гранулометрический состав почв, поглощательная способность почв, водный и воздушный режим почв) рассматриваются специфические темы:

- Свойства почв аэродромов (ВПП и СЗЗ).
- Использование аэрокосмических снимков для оценки почвенно-земельных ресурсов.
- Цифровые базы данных почвенных свойств.
- Почвенный покров космодромов Байконур, Плесецк, Восточный и его устойчивость к техногенному воздействию.

Результаты анализа выпускных квалификационных работ студентов. Доля почвенных исследований сравнительно невысока и составляет 15 %. Гораздо больше работ посвящено расчету предотвращенного экологического ущерба, экологическим рискам и экологическому менеджменту.

Основные направления исследовательских работ студентов, связанных с почвоведением в МАИ, можно разделить на следующие группы:

1. Работы, посвященные оценке загрязнения почв.

В данном направлении студенты осуществляют отбор проб на территории аэродромов и проводят оценку загрязнения почв специфическими авиационными поллютантами. Часто эта оценка входит в состав более обширных исследований по оценке воздействия аэропортов на различные компоненты окружающей природной среды.

Организируются модельные вегетационные опыты: студенты ставят серию экспериментов: в сосуды с почвой вносят загрязнитель (авиационное топливо) в разных концентрациях и на основе зависимости «доза – эффект» определяют степень токсичности, как для почвенных животных (например, энхитреид), так и для однодольных и двудольных растений.

2. Работы, связанные с использованием данных дистанционного зондирования в сельском хозяйстве.

Студенты проводят мониторинг и оценку состояния сельскохозяйственных посевов по данным дистанционного зондирования, рассчитывают значения NDVI, определяют нормы внесения удобрений, ищут корреляции между почвенными свойствами и урожайностью. По степени запыленности снежного покрова проводится оценка уровня его загрязнения. Перспективным направление исследований – прогнозирование и оценка почвенных свойств по весенним снимкам, на которых отсутствуют сельскохозяйственные культуры, несмотря на нали-

чие некоторого количества работ по данной теме, ее однозначного решения до сих пор не найдено.

Перспективным направлением работ является также оценка нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ) по данным дистанционного зондирования.

В рамках достижения устойчивого развития территорий ООН утвержден индикатор устойчивого состояния земель: «доля деградированных земель от их общей площади». Расчет этого индикатора проводится на основании трех субиндикаторов:

- состояние и изменение наземного покрова (land cover);
- продуктивность земель (land productivity);
- запасы углерода в почве (soil organic carbon).

Расчет индикаторов НБДЗ проводится в программе QGIS 3.10.11 с использованием расчетного модуля «Trends.Earth». Модуль включает в себя информацию множества международных баз данных, а также материалы дистанционного зондирования Земли. Методология проведения расчетов и построения картограмм подробно изложена в Trends.Earth Retrieved.

Перспективные направления развития исследовательских работ:

1. Исследования использования легкой и сверхлегкой авиации в сельском хозяйстве.

Данное направление исследований было достаточно популярным в советское время, но в современных экономических реалиях ему уделено недостаточно внимания.

2. Использование БПЛА (дронов) для реализации технологий точного земледелия. Космические снимки, находящиеся в открытом доступе и доступные для студентов, при всей простоте и удобстве их использования имеют два существенных недостатка: пространственное разрешение и получение снимков с интервалом в несколько дней.

В работе показана необходимость изучения почвоведения при подготовке студентов экологов, рассмотрены специфические темы, изучаемые в авиационном вузе, обобщен опыт организации научно-исследовательских работ студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саскевич, П. А. 175 лет в числе ведущих учреждений высшего образования стран СНГ и Европы / П. А. Саскевич // *Агрехимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 2–5.
2. Дайнов, М. И. Методика преподавания дисциплины «Экология» студентам с применением интерактивных технологий / М. И. Дайнов, Л. Б. Метечко // *Труды МАИ*. – 2012. – № 58. – С. 1–18.
3. История кафедры почвоведения / Т. Ф. Персикова [и др.] // *Вестник БГСХА*. – 2016. – № 3. – С. 143–146.
4. Прохоров, И. С. Оценка воздействия городской инфраструктуры и строительства на почвы / И. С. Прохоров. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2015. – 120 с.
5. Trends.Earth Retrieved from: <https://trends.earth/>

**МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЧВ
ПОД ДЕКОРАТИВНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ
И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТАХ СТУДЕНТОВ**

К. А. БАХМАТОВА, канд. с.-х. наук,

А. А. ШЕШУКОВА, канд. с.-х. наук

ФГБОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Проведено исследование образцов почв парка ГМЗ «Петергоф» (Санкт-Петербург). Выявлено соответствие образцов почв газонов санитарно-гигиеническим нормативам. Установлено избыточное содержание элементов питания растений в почвенных смесях из кадок с лавром благородным.

Ключевые слова: экологическая оценка почв, тяжелые металлы, фитотоксичность, элементы питания растений.

В городских условиях важнейшей функцией почвы является обеспечение существования зеленых насаждений. Все возрастающие техногенная и рекреационная нагрузки на почвы под декоративными насаждениями парков требуют проведения оценочных исследований экологического состояния почв с точки зрения пригодности для роста и развития растений, а также безопасности населения, отдыхающего в городских парках.

Цель данной публикации – представить результаты работ по оценке качества ряда почв парка государственного музея-заповедника «Петергоф», выполненных по заявкам парковой службы. Работы были выполнены сотрудниками кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ с участием студентов выпускных курсов. Первый объект исследования – поверхностные (0–20 см) горизонты почв газонов Восточного сектора Нижнего парка, расположенного на побережье Финского залива Балтийского моря. Площадь сектора – около 10 га. Оценка состояния почв в этом случае была направлена на выявление безопасности почв для рекреационного использования, согласно санитарно-гигиеническим нормативам. Второй объект – почвенные смеси в кадках с растениями лавра благородного (*Laurus nobilis L.*), которые выставляются в летнее время в парке и служат важным декоративным элементом его ландшафтного оформления. Оценка этих субстратов проводилась с целью установления причины усыхания растений.

Разные объекты и разная практическая направленность исследований обусловили использование разных методических подходов.

Для первого объекта было выбрано площадное опробование почв газонов. Для анализа были отобраны по регулярной сетке 20 смешанных проб поверхностных горизонтов. Пробы были высушены, просеяны через сито 1 мм, и в них были определены рН солевой суспензии, содержание тяжелых металлов (Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Mn, Cu, Cr) и мышьяка (As) спектрально-эмиссионным методом и содержание нефтепродуктов, бенз(а)пирена и полихлорированных бифенилов (ПХБ) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектором. Результаты были сопоставлены с фоновым уровнем (Гагарина и др., 1995) и существующими санитарно-гигиеническими нормативами (предельно допустимые концентрации (ПДК) (ГН 2.1.7.-2041-06), ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) и суммарный коэффициент загрязнения (Zc, согласно СанПиН 2.17.1287-03)). Вторым объектом послужили 6 образцов, отобранных из кадок с лавром благородным (по 1 образцу из кадки). Образцы были высушены, просеяны через сито 1 мм, и в них были определены рН (водной и солевой суспензии), содержание органического углерода по методу Тюрина, содержание доступных фосфора и калия (по общепринятым методикам). Содержание нитратного азота определялось в свежих образцах (дисульфифеноловым методом). Также была проведена оценка фитотоксичности почв (сравнением скорости и качества прорастания семян пшеницы (*Triticum sp.*) в образцах почвы и в контроле).

1-й объект. Результаты химического анализа поверхностных горизонтов почв в Восточном секторе Нижнего парка свидетельствуют, что среднее содержание потенциально опасных элементов и соединений отвечает фоновому уровню и значительно ниже ОДК, установленных в Российской Федерации (ГН 2.17.2511-09). Содержание Zn и Pb в 6 точках превышает фоновый уровень, однако коэффициент Zc, равный 4–10, указывает на невысокую степень загрязнения, которая позволяет любой вид использования данных почв, включая сельскохозяйственное. Таким образом, почвы обследованного участка являются безопасными для рекреационного использования.

2-й объект. Установлено, что все пробы имеют благоприятную для большинства культурных растений нейтральную и слабощелочную реакцию. Все пробы характеризуются очень высоким содержанием органического углерода (более 10 %) и не нуждаются во внесении органических удобрений. Общепринятые градации обеспеченности элементами питания разработаны только для сельскохозяйственных культур, поэтому содержание элементов питания растений сравнивались с ними. Во всех образцах наблюдается исключительно высокое содержание подвижного фосфора (в 20–30 раз превышающее оптимальные

значения для сельскохозяйственных культур) и высокое содержание подвижного калия (в 4–10 раз выше оптимума для сельскохозяйственных культур). Такой избыток минеральных веществ в почвенном субстрате может приводить к нарушению усвоения влаги растениями. Содержание нитратного азота при этом в большинстве образцов среднее и только в одном образце – высокое. По результатам тестирования все образцы были признаны нетоксичными (длина проростков в опыте была на 12–35 % выше, чем в контроле). Проведенные исследования позволили рекомендовать замену почвенных смесей в кадках с лавром, причем увеличить объем сосудов для выращивания и обеспечить оптимальный дренаж. При этом при подкормках растений рекомендуется учесть, что наибольшее влияние на рост лавра оказывают азотные удобрения, а не фосфорные и особенно калийные (Справочная книга., 1969).

Выполненные прикладные исследования востребованы сотрудниками парков, заинтересованными в оценке различных аспектов качества почв, и одновременно являются простыми и доступными для выполнения непосредственно студентами-почвоведками. Результаты таких исследований могут стать частью курсовых и дипломных проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы и почвенный покров Северо-Запада России / Э. И. Гагарина [и др.]. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 1995. – 236 с.
2. ГН 2.1.7.-2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/c0a/4293850511.pdf>. – Дата доступа: 21.09.2021.
3. ГН 2.17.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.np-ciz.ru/userfiles/2_1_7_2511-09.pdf. – Дата доступа: 19.06.2021.
4. СанПиН 2.17.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eng-eco.ru/upload/iblock/551/5514b8efc08243ca3bdb3501-ab4e363d.pdf>. – Дата доступа: 21.09.2021.
5. Справочная книга по химизации сельского хозяйства / под ред. В. М. Борисова. – М.: Колос, 1969. – 656 с.

ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ МОЛДОВЫ В УСЛОВИЯХ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ

М. С. ГАМУРАР, науч. сотрудник

Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв «Н. А. Димо»,
г. Кишинев, Республика Молдова

Дана характеристика гумусового состояния почв Молдовы в условиях интенсификации процессов деградации. Средние значения потерь органического вещества почвы составляли 0,51 т/га в год. Показаны меры по восстановлению гумусового состояния пахотных почв.

Ключевые слова: почва, гумус, деградация, Молдова.

Современное гумусовое состояние пахотных почв обусловлено длительным периодом их использования. Исследования, проведенные в Молдове более 140 лет назад знаменитым русским почвоведом Василием Васильевичем Докучаевым, установили, что черноземы содержат 5–6 % гумуса. В последующие годы естественное плодородие почв Молдовы постоянно снижалось. Ритмы этих процессов были различны в зависимости от характера использования сельскохозяйственных земель. Средние значения потерь органического вещества почвы составляли 0,51 т/га в год [1].

Современный период весьма важный и может быть назван критическим, имея в виду гумусное состояние почв. Если деградация естественного плодородия не будет остановлена адекватными мерами, уровень содержания гумуса достигнет значений, близких к 2 %, что соответствует нижнему порогу для черноземов. Стабилизация гумуса на этом уровне будет лимитировать урожаи зерновых на 1,5–2 т/га. Регенерацию плодородия, начиная с критического уровня, будет очень трудно реализовать, потребуются затраты и усилия значительно большие и более продолжительное время.

Потери гумуса из сельскохозяйственных земель связаны со многими факторами, среди которых самые главными являются практикуемые севообороты, обработка почвы, количество органического вещества, возвращенного с органическими удобрениями и т.п.

В основе гумусовой стабильности эксплуатируемых в сельском хозяйстве почв стоят севообороты и ротация культур. Севооборот должен возвращать почве, большую часть минерализованного гумуса. Применение органических удобрений и других факторов, благоприятствующих накоплению гумуса в почве, обеспечивает сохранение и повышение ее плодородия [2].

Самые большие потери характерны для пропашных культур. Потери гумуса при выращивании кукурузы на зерно варьируют в широких

пределах в зависимости от условий года, и занимаемых площадей. В среднем за 10 лет потери составляют 520 тыс. тонн или 1,56 т/га. Потери гумуса с одного гектара, занятого сахарной свеклой, составили 2 т/га в среднем за 10 лет. Подсолнечник в этом отношении занимает промежуточное положение между кукурузой на зерно и сахарной свеклой. Доля пропашных культур в последние годы увеличилась и приблизилась к 65 % от общей площади пашни [3].

Для создания хорошей основы по восстановлению плодородия почв весьма важным приемом является культивирование многолетних трав, которые способствуют обогащению их органическим веществом. Многолетние травы, занимавшие в 1990 году площадь в 100 тыс. га, в настоящее время их доля совсем незначительна. Из-за этого пахотные почвы ежегодно теряют большие количества гумуса, трудно восстановить внесением органических удобрений и другими источниками органического материала местного происхождения. Если к ежегодным потерям органического вещества почвы, вызванным минерализацией, добавить потери от водной эрозии, которые по оценке специалистов достигают 606 тыс. тонн, или 0,43 т/га, то с каждого гектара пашни устраняется ежегодно по 1,43 тонн гумуса [1].

Особое место, что касается накопления органического вещества в почве, принадлежит многолетним травам, представленным в земледелии Республики Молдова преимущественно люцерной. Ее доля в накоплении гумуса в почве составляет 0,85 т/га [3].

Другим очень важным источником накопления органического вещества в почве являются местные органические удобрения. В условиях уравновешенного севооборота, с точки зрения регенерации почвенного плодородия, им принадлежит компенсационная роль дефицита гумуса. В настоящее время количество примененных органических удобрений в земледелии уменьшилось до трудно учитываемых величин. Этот важный источник регенерации гумуса почвы, из-за того, что не используется по назначению, стал главным фактором загрязнения окружающей среды.

Годовые потери гумуса в пахотных почвах, если брать в расчет и те, которые вызваны водной эрозией, превышают уровень в 1 т/га в среднем за год. Повторяя вышесказанное, отмечаем следующее:

- гумусное состояние пахотных почв самое неблагоприятное за последние 30–35 лет;

- годовые, некомпенсируемые потери гумуса на сельскохозяйственных землях, вызванные его минерализацией, превышают уровень в 700 кг/га в год, а общий дефицит, учитывая эрозионные процессы, равны 1100 кг/год;

- главными факторами, которые способствовали установлению глубокого баланса органического вещества почвы, являются отсут-

стве севооборотов, ориентированных на сохранение плодородия почв, водная эрозия и использование в очень малых количествах местных органических удобрений, вносимых под сельскохозяйственные культуры.

Первоочередными мерами, которые требуются для улучшения гумусового состояния пахотных почв, являются:

- минимализация потерь почв, обусловленных водной эрозией;
- оптимизация ротации культур путем уменьшения доли пропашных и значительное увеличение площадей однолетних трав и в особенности многолетних трав;
- минимализация обработки почвы с целью торможения процесса разложения гумуса почвы;
- широкое применение всех наличных ресурсов местного органического материала для удобрения почвы (отходы животноводческого сектора, коммунального хозяйства и предприятий перерабатывающей промышленности сельскохозяйственного сырья, другие отходы органического происхождения, пригодные для получения органических удобрений).

ЛИТЕРАТУРА

1. Programul national complex de sporire a fertilității solului. IPAPS "N.Dimo". Chișinău: Pontos. – 2001. – С. 82–90.
2. Sistemul informațional privind calitatea învelișului de sol al Republicii Moldova. IPAPS "N.Dimo". Chișinău: Pontos. – 2000. – С. 82–90.
3. Программа освоения деградированных земель и повышения плодородия почв. Ч. 2: Повышение плодородия почв. IPAPS "N.Dimo". Chișinău: Pontos. – 2005. – С. 82–90.

УДК 631.95:631.4

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА СОДЕРЖАНИЕ В АГРОПОЧВАХ НЕКОТОРЫХ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Ni, Cu, Cd) ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

А. М. ГИЛЕВ

ДВФУ «Дальневосточный федеральный университет»,
г. Владивосток, Российская Федерация

В работе рассматривается влияние биоугля в дозах 1 кг/м² и 3 кг/м² на содержание подвижных форм тяжелых металлов в агропочвах с дренажной системой и без нее, а также с использованием органических и минеральных удобрений. В полученных результатах предельно допустимой концентрации (ПДК) металлов Ni, Cu и Cd не было выявлено. Биоуголь способен понижать содержание ТМ в агропочвах как с применением удобрений, так и без них, за счет хорошей способности сорбировать.

Ключевые слова: биоуголь, агропочва, тяжелые металлы, подвижные формы, медь, никель, кадмий.

Почва представляет собой самостоятельное природное тело, в котором происходят разные физические, химические и биологические процессы. Также она является местом обитания и жизнедеятельности многих животных и растений. Однако главной ее функцией является очиститель или фильтр. Большинство отходов, которые попадают в нее со временем разлагаются и становятся источником питания для некоторых животных, микроорганизмов и растений. Но в большинстве случаев попадание различных отходов может отрицательно сказаться на состоянии почвы. После долгого разложения отходов в почве остаются различные соединения тяжелых металлов (ТМ), которые являются ее загрязнителями. ТМ могут стать источником питания для растений, а растения в свою очередь употребляют животные и человек [5].

Тяжелые металлы как особая группа элементов в химии почв выделяется из-за токсического действия, оказываемого на растения при высоких их концентрациях [1]. Опасность их содержания в почве описывается таким показателем, как ПДК (предельно допустимая концентрация). Конечно, в малых количествах они не опасны, но если ПДК какого-нибудь тяжелого металла будет превышена то, можно опасаться отрицательного воздействия на рост и развитие растений.

Почвы используются для выращивания разных сельскохозяйственных культур называются агропочвами, чтобы поддерживать их плодородие на высоком уровне необходимо вносить минеральные (суперфосфат, α молоко, хлористый калий) и органические удобрения и как правило в минеральных удобрениях содержится не большое количество примесей, которые могут нанести вред агропочве и культурным растениям. Таким образом, внесение удобрений является неотъемлемой частью сельского хозяйства. Их использование способствует повышению необходимых элементов питания для растений, что в свою очередь повышает качество и количество урожая. Однако чересчур долгое их применение может плохо повлиять на почву и растения в целом. Может повыситься содержание тяжелых металлов, так как удобрения являются одним из главных источников поступления ТМ в агропочву [1].

Как уже было сказано ранее, ТМ являются главными загрязнителями почв и их повышенное ПДК может отрицательно сказаться на растениях [1]. Однако следует отметить, что некоторые тяжелые металлы в небольших концентрациях необходимы для питания растений. Такая группа называется микроэлементами и к ней можно отнести, например, медь (Cu). Недостаток и избыток данного металла может плохо сказаться на урожае [3]. Для получения хорошего урожая необходимо мониторить почвы на содержание ТМ. Особенно важно это для сель-

скохозайственных угодий, на которых несколько лет выращивают различные овощные культуры.

Конечно, бывают случаи, когда ПДК в агропочвах превышен и для этого необходимо искать способ для его понижения. Одним из них является внесение биоугля, который способен поглощать тяжелые металлы из почвы [4].

Целью данной работы выявить влияние биоугля в различных дозах на содержание тяжелых металлов, в частности, Cu, Ni и Cd в агропочвах с применением минеральных и органических удобрений и также с использованием дренажной системы и без нее.

Для данной работы в качестве объектов исследования были выбраны агропочвы, поля которых располагаются на Приморской овощной опытной станции. Данные почвы были под овощным севооборотом с применением глубокого дренажа (120 см) и без него. В мае 2018 года был внесен биоуголь в дозах 0, 1 и 3 кг на м². Сам биоуголь представляет из себя остатки березы *Betula Alba*, полученные бескислородным пиролизом [4]. Образцы были взяты в начале (май) и в конце (октябрь) вегетационных периодов 2019 года, то есть в работе рассматривается влияние биоугля за 1 год и 1,5 года после его внесения в агропочву. Схема опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1. Схема полевого опыта 2018–2019 гг.

Год	Участок почвы с дренажом			Участок почвы без дренажа		
	биоуголь 0 кг/м ²	биоуголь 1 кг/м ²	биоуголь 3 кг/м ²	биоуголь 0 кг/м ²	биоуголь 1 кг/м ²	биоуголь 3 кг/м ²
Внесен биоуголь						
2018	капуста	капуста	капуста	капуста	капуста	капуста
Биоуголь не вносился						
2019	картофель	картофель	картофель	soя	soя	soя

Следует отметить, что в некоторых объектах исследований использовались различные органические и минеральные удобрения.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в агропочвах устанавливали методом атомно-абсорбционного анализа на атомно-абсорбционном спектрометре AA-6601F фирмы Shimadzu, Япония. Критерии для оценки загрязнения тяжелыми металлами являются предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [2].

Спустя год и полтора года после внесения биоугля исследования показали, что во всех образцах превышения ПДК на содержание по-

движных форм тяжелых металлов, а именно – Cd, Ni, Cu не обнаружены.

Полученные данные говорят о том, что подвижных форм Cd, Ni и Cu в образцах за октябрь 2019 г. (1,5 года после внесения биоугля) стало меньше по сравнению с образцами за май 2019 г. (1 год после внесения биоугля). Однако стоит отметить отдельные показатели, в которых содержание кадмия, никеля и меди повысилось в образцах за октябрь. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Подвижные формы некоторых тяжелых металлов Cd, Ni, Cu (мг/кг) в агропочвах при внесении биоугля, 2019 г.

Объект исследования	Cd	Ni	Cu	Объект исследования	Cd	Ni	Cu
Начало вегетационного периода (май 2019)				Конец вегетационного периода (октябрь 2019)			
Бдр к	0,021	0,351	0,485	Бдр к	0,009	0,153	0,234
Бдр 1 кг	0,012	0,299	0,373	Бдр 1 кг	0,011	0,173	0,321
Бдр 3 кг	0,014	0,331	0,278	Бдр 3 кг	0,007	0,135	0,16
Бдр к (орг)	0,014	0,446	0,868	Бдр к (орг)	0,008	0,203	0,596
Бдр 1 кг (орг)	0,01	0,374	0,672	Бдр 1 кг (орг)	0,01	0,192	0,475
Бдр 3 кг (орг)	0,012	0,404	0,697	Бдр 3 кг (орг)	0,01	0,246	0,788
Бдр к (мин)	0,015	0,432	0,896	Бдр к (мин)	0,009	0,234	0,731
Бдр 1 кг (мин)	0,012	0,435	0,728	Бдр 1 кг (мин)	0,009	0,234	0,482
Бдр 3 кг (мин)	0,012	0,393	0,597	Бдр 3 кг (мин)	0,008	0,188	0,516
Др к	0,013	0,292	0,344	Др к	0,008	0,131	0,161
Др 1 кг	0,022	0,272	0,205	Др 1 кг	0,006	0,125	0,219
Др 3 кг	0,017	0,281	0,243	Др 3 кг	0,007	0,098	0,176
Др к (орг)	0,005	0,338	0,75	Др к (орг)	0,003	0,176	0,603
Др 1 кг (орг)	н/о	0,331	0,587	Др 1 кг (орг)	0,004	0,152	0,371
Др 3 кг (орг)	0,006	0,32	0,605	Др 3 кг (орг)	0,005	0,169	0,653
Др к (мин)	0,008	0,351	0,806	Др к (мин)	0,007	0,174	0,338
Др 1 кг (мин)	0,009	0,35	0,548	Др 1 кг (мин)	0,011	0,333	0,631
Др 3 кг (мин)	0,012	0,356	0,722	Др 3 кг (мин)	0,01	0,361	0,623
ПДК	5,0	4,0	3,0		5,0	4,0	3,0

Примечание. Др – поле с дренажной системой; Бдр – поле без дренажа; К – контроль; 1 кг – внесение 1 кг/м² биоугля; 3 кг – внесение 3 кг/м² биоугля; (орг) – внесение органических удобрений; (мин) – внесение минеральных удобрений.

Кадмий (Cd) в конце вегетационного периода (октябрь 2019) понизился практически во всех образцах. Однако стоит отдельно отметить два образца, в которых содержание металла повысилось. Оба образца были с применением дренажной системы и одинаковым внесением биоугля (1 кг/м²), но с различными удобрениями. В начале вегетационного периода (май 2019) в образце с органическими удобрениями содержание кадмия не было обнаружено, но в конце вегетационного

периода он повысился до 0,004 мг/кг и с применением минеральных удобрений повысился с 0,009 мг/кг до 0,011 мг/кг.

Подвижные формы Ni повысились в конце октября 2019 года только в одном образце – Др 3 кг (мин) с 0,356 мг/кг до 0,361 мг/кг. Во всех остальных объектах исследования концентрация никеля снизилась за 1,5 года после внесения биоугля.

Содержание Cu снизилось в 14 образцах, в остальных четырех повысилось. В образце без дренажа с использованием 3 кг/м² биоугля и органических удобрений повысился с 0,697 мг/кг до 0,788 мг/кг. Также отмечаются три образца с использованием дренажной системы в которых содержание меди тоже повысилось: Др 1 кг – с 0,205 мг/кг до 0,219 мг/кг; Др 3 кг (орг) – с 0,605 мг/кг до 0,653 мг/кг; Др 1 кг (мин) – с 0,548 мг/кг до 0,631 мг/кг.

Исходя из полученных данных, можно сказать, что внесение биоугля положительно отразилось на агропочвах как за один год, так и за полтора года. Изначально в начале вегетационного периода превышения по содержанию Cd, Ni, Cu не было выявлено. Все почвенные образцы чистые и применимы в использовании для выращивания овощных культур. Также стоит отметить, что в содержание ТМ было понижено практически во всех образцах за октябрь 2019 по сравнению с образцами за май 2019. Данный вывод говорит о том, что биоуголь способен поглощать ионы ТМ, не давая им оставаться в почве и тем самым не вредить росту и развитию растений. Биоуголь положительно сказался на как на поле с дренажной системой, так и без нее.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05166.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водяницкий, Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю. Н. Водяницкий, Д. В. Ладонин, А. Т. Савичев. – М., 2012. – 305 с.
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М., 2006.
3. Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. – М.: Высш. шк., 2002. – 334 с.
4. Применение биоугля как мелиоранта и его влияние на изменение физических свойств агропочв юга Приморского края / А. Д. Попова [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6. – С. 57–63.
5. Рэуце, К. Борьба с загрязнением почвы / К. Рэуце, С. Кырстя. – М., 1986. – 201 с.

ЗАВИСИМОСТЬ АКТИВНОСТИ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗ И ПЕРОКСИДАЗ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ОТ ВОЗРАСТА ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ПОЛОС

А. Н. КОЛЯДИН

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Российская Федерация

В статье рассмотрена зависимость активности полифенолоксидаз (ПФО) и пероксидаз (ПО), в черноземе выщелоченном, от возраста лесополос. Почва – это самая богатая биологическая система по ферментному разнообразию. А эти ферменты играют важную роль в разложении лигнина, минерализации и образовании гумуса.

***Ключевые слова:** почвенные ферменты, органическое вещество, гумус, ферментативная активность почвы, лесополоса, чернозем выщелоченный.*

Внеклеточные почвенные ферменты контролируют баланс между образованием устойчивых гумусовых соединений и разложением поступающих в почву растительных остатков, тем самым осуществляя процессы гидролиза и окисления полимерных органических соединений. Скорость образования растворимых органических соединений, доступных почвенным организмам, определяется активностью внеклеточных почвенных ферментов. Эту ступень можно считать лимитирующей, в цепочке биохимических превращений, которые ведут к минерализации органического вещества до CO_2 . Активность фенолоксидаз и пероксидаз была изучена в немногих работах по почвенным ферментам, в отличие от активности целлюлаз, фосфатаз и других гидролаз, которым посвящены обширные исследования. При этом важную роль в формировании гумусовых веществ, устойчивых к разложению, отводят именно ПФО и ПО, участвующим в превращениях соединений ароматического ряда. Фенол- и пероксидазы отвечают за несколько процессов, важных на экосистемном уровне: минерализация лигнина и синтез вторичных соединений, участвующих в гумификации.

Цель исследования заключалась в изучении активности полифенолоксидаз и пероксидаз при разном возрасте лесополос, заложенных на черноземе выщелоченном.

Ферментативную активность и ее зависимость от возраста лесополос определяли в образцах, отобранных из двух почвенных разрезов, заложенных в двух лесополосах разного возраста (Воронежская обл., Рамонский район, вблизи опытной станции ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова). Из всех разрезов отбирались образцы каждые 10 см, вплоть до материнской породы. Далее, в университетской лаборатории был проведен ряд анализов, а именно, определение гигроскопической

влажности почвы термостатно-весовым методом, определение углерода органических соединений по И. В. Тюрину в модификации В. Н. Симакова и определение активности ПО и ПФО по методике, основанной на учете количества продуктов окисления полифенолов, используемых в качестве субстратов фермента, путем фотометрических измерений интенсивности их окраски

Образцы почвы (5 г), помещались в конические колбы объемом 250 мл, затем добавлялось 100 мл дистиллированной воды и 3 капли толуола, для инактивации микроорганизмов. Содержимое колб встряхивали на ротаторе в течение 20 минут. Далее реакцию останавливали прибавлением 5 мл 20%-ной серной кислоты, после чего содержимое колбы фильтровали через складчатый фильтр с синей лентой.

Брали 2 мерные колбы на 100 мл, в одной из них определяли полифенолоксидазную активность, в другой пероксидазную. Для ПФО в колбу вносили 1 мл фильтрата, прибавляли к нему 5 мл 1%-ного пирогаллола. Для ПО во вторую колбу также помещали 10 мл фильтрата и прибавляли 5 мл 1%-ного пирогаллола, и помимо этого добавляли 1 мл 1%-ного перекиси водорода. Закрывали колбы пробками и ставили в термостат на 24 часа при 37 °С.

Для внесения корректив на чистоту пирогаллола ставили контроль – субстрат без почвы с добавлением перекиси водорода, и без нее. Для определения ПО и ПФО соответственно.

После инкубации реакцию смесь доводили до 100 мл водой и окрашенные в желтый цвет растворы просматривали на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром при длине волны 430 нм.

Полифенолоксидаза (ПФО) и пероксидаза (ПО) – основные ферменты в биохимических процессах превращения гумусовых веществ, так как они участвуют в синтезе и деструкции гумуса почвы. ПО осуществляет окисление гумусовых веществ в почве, за счет кислорода перекиси водорода, образующейся при деятельности почвенной микрофлоры, а ПФО участвует в превращениях органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса, при участии кислорода воздуха. Соотношение этих ферментов (ПФО/ПО) является коэффициентом гумификации, указывающим на направленность гумусообразования. В двух представленных разрезах этот коэффициент значительно ниже единицы, эти данные указывают на интенсивное окисление гумуса и преобладание в почве пероксидазы над полифенолоксидазой. Достоверность этих значений подтверждается результатами четырехфакторного дисперсионного анализа. Активность пероксидазы (ПО) немного повышается в почве старой лесополосы, что указывает на ускорение окисления гумусовых веществ в почве, со временем. Полифенолоксидаза имеет примерно одинаковые значения в обеих лесополосах.

Почвенный горизонт, глубина см	ПО, мг перпурогаллина в 1 г Почвы, за 24 ч	ПФО, мг перпурогаллина в 1 г почвы, за 24 ч	ПФО/ПО	Гумус, %
Разрез в лесополосе № 1 (возраст около 45 лет)				
А 0–10	2,25	0,51	0,22	6,58
А 10–20	2,27	0,49	0,21	4,94
А; АВ 20–30	2,30	0,47	0,20	4,19
АВ 30–40	2,44	0,38	0,15	3,97
АВ 40–50	2,45	0,43	0,17	3,28
АВ; В 50–60	2,45	0,41	0,16	3,42
В 60–70	2,20	0,40	0,18	2,95
В 70–80	2,41	0,39	0,16	2,83
В; ССа 80–90	2,53	0,40	0,15	2,53
В; ССа 90–100	2,55	0,40	0,15	2,43
ССа 100–110	2,57	0,39	0,15	1,62
ССа 110–120	2,69	0,39	0,14	0,49
Разрез в лесополосе № 2 (возраст около 90 лет)				
А 0–10	2,27	0,51	0,22	6,79
А 10–20	2,27	0,50	0,22	5,87
А 20–30	2,53	0,47	0,18	5,17
АВ 30–40	2,68	0,43	0,16	4,78
АВ 40–50	2,64	0,39	0,15	4,15
АВ; В 50–60	2,66	0,38	0,14	3,95
В 60–70	2,71	0,40	0,15	2,66
В 70–80	3,09	0,41	0,13	2,58
ВС 80–90	3,17	0,37	0,11	2,12
ВС 90–100	3,16	0,36	0,11	2,05
ССа 100–110	3,09	0,35	0,11	1,82
ССа 110–120	3,17	0,32	0,10	0,99

Зависимость потенциальной активности ПФО и ПО от возраста лесополос прослеживается не в полной степени. Предполагаем, что увеличение активности пероксидазы и очень медленное снижение активности полифенолоксидазы связаны с изменением микробиологического состава гумусовых горизонтов, данная особенность биохимического потенциала является причиной постепенного разрушения гумусового горизонта, в связи с увеличением интенсивности окисления гумусовых веществ. В целом, по всему профилю второго разреза, отмечается повышение уровня пероксидазной активности. Это подтверждает, что увеличение возраста лесополосы постепенно поднимает активность пероксидазы, при этом оставляя уровень активности полифенолоксидазы примерно на том же уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев; Ин-т биологии Уфим. НЦ. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
2. Хазиев, Ф. Х. Почвенные ферменты / Ф. Х. Хазиев. – М.: Знание, 1972. – 257 с.
3. Хазиев, Ф. Х. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения / Ф. Х. Хазиев, А. Е. Гулько // Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 88–103.
4. Щеглов, Д. И. Биохимия почв / Д. И. Щеглов, Н. В. Безлер, И. В. Черепухина. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018. – 155 с.

УДК [378.096:63]:634(476.4)

НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ ПЛОДОВООЩЕВОДСТВА УО БГСХА

Т. Н. КАМЕДЬКО, канд. с.-х. наук, доцент,
Д. С. ЦИРУЛЬНИК, студент,
В. В. КАМЫШ, студент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Умения и навыки исследовательского поиска в обязательном порядке требуются не только тем, чья жизнь уже связана или будет связана с научной работой, они необходимы каждому человеку [1]. Научно-исследовательская работа – это комплекс мероприятий учебного, научного, управленческого и организационно-методического характера, направленный на повышение профессионального уровня специалистов.

Учитывая это, преподаватели создают все условия для формирования у студентов личностных качеств, обеспечивающих конкурентоспособность на рынке труда, а также развитие творческой личности, умеющей адаптироваться в современных условиях [2].

Ключевые слова: научно-исследовательская деятельность, учебный процесс, достижения.

Кафедра плодовоовощеводства УО БГСХА как самостоятельная структурная единица была основана в 1920-м году, хотя ее история начинается с работы Горы-Горецкой земледельческой школы и открытием в 1842 году ее высшего разряда. Работа кафедры связана с такими известными именами как Э. Ф. Рего, М. В. Рыгов, М. И. Бурштейн, Ф. А. Тимошков, А. Н. Ипатьев, К. А. Шуин, Г. П. Солопов, Л. А. Дозорцев – ученые-агробиологи в области овощеводства и плодородства [3, 4].

Основным направлением деятельности кафедры является подготовка специалистов агрономов по специальности 1-74 02 04 Плодовоовощеводство. Для студентов этой специальности кафедра является выпускающей. За свою историю подготовлено более 3 тысяч специалистов по плодовоовощеводству.

Дисциплины, преподаваемые на кафедре: Плодоводство общее, Плодоводство частное, Декоративное садоводство с основами лесоводства, Овощеводство, Овощеводство защищенного грунта, Виноградарство, Хранение и переработка плодоовощной продукции, Селекция плодовых и овощных культур, Пряно-ароматические и эфиромасличные культуры, Основы научных исследований.

Для студентов очного и заочного отделения, обучающихся по специальностям – агрономия, селекция и семеноводство, агрохимия и почвоведение, защита растений и карантин, экология сельского хозяйства на кафедре преподаются такие дисциплины, как плодоводство, овощеводство, плодоовощеводство.

Для того чтобы студенты могли проводить научные исследования, закреплять теоретические знания и приобретать практические навыки кафедра располагает: учебно-опытным полем «Рытовский огород». Организованный более ста лет назад М. В. Рытовым, сегодня здесь продолжают работы по изучению овощных, пряно-ароматических, цветочных и декоративных культур, выращивается и готовится необходимый гербарный и демонстрационный материал. Теплицы из поликарбоната и зимняя остекленная теплица позволяют проводить исследования и учебные занятия по тематике овощеводства защищенного грунта; учебно-опытный сад и питомник располагают широким разнообразием видов и сортов плодовых, ягодных, орехоплодных и декоративных растений. На площади более 14 га сосредоточены коллекции растений, маточные насаждения, опытные участки студентов и преподавателей.

Направления научно-исследовательской работы кафедры: агротехнические приемы размножения и возделывания плодовых и ягодных культур, сортоизучение семечковых, косточковых и ягодных культур, сортоизучение, селекция и разработка агротехнических приемов возделывания овощных и пряно-ароматических культур, селекция земляники садовой по комплексу хозяйственно ценных признаков, совершенствование технологии хранения и переработки плодов и овощей.

На кафедре плодоовощеводства подготовлено и защищено 4 докторских и 24 кандидатских диссертаций.

Результатом научно-исследовательской работы являются созданные и районированные в Беларуси и России сорта овощных, пряно-вкусовых, ягодных культур: *Гибрид томата Полямя F1* (авторы: В. В. Скорина, А. В. Кильчевский, В. Д. Поликсенова); *Сорт озимого чеснока Зубренок* (авторы: В. В. Скорина, Ф. Б. Мусаев, В. Ф. Пивоваров); *Сорт майорана садового Термос* (авторы: В. В. Скорина, Ф. Б. Мусаев, В. И. Буренин, Л. В. Кривенков, М. Х. Арамов); *Гибрид томата Созвездие F1* (авторы: Е. И. Сарви́ро, А. А. Дыжова); *Гибрид*

томата Тайфун F1 (авторы: В. В. Скорина, Е. И. Сарви́ро); *Сорт майорана садового Малахит* (авторы: Е. Г. Добруцкая, Ф. Б. Мусаев, Л. В. Кривенков, В. В. Скорина); *Гибрид томата Крыжачок F1* (авторы: В. В. Скорина, Е. И. Сарви́ро, Вит. В. Скорина); *Сорт фасоли овощной Магура* (авторы: В. В. Скорина, Ф. Б. Мусаев, М. П. Мирошников, Е. Г. Добруцкая, М. П. Цыганок); *Сорт лука репчатого Доброго́ст* (авторы: В. В. Скорина, Ф. Б. Мусаев, А. Ф. Агафонов, В. В. Лагунова); *Гибрид томата Омега F1* (авторы: В. В. Скорина, Е. И. Сарви́ро, М. Е. Кошман, В. Н. Нарчук, Вит. В. Скорина); *Сорт фасоли овощной Миробела* (авторы: В. В. Скорина, В. Н. Босак и др.); *Сорта чеснока озимого Беловежский, Союз и Юниор* (авторы: В. В. Скорина, В. Ф. Пивоваров, И. Г. Берговина, Вит. В. Скорина и др.); *Сорт томата Родомысл* (авторы: В. В. Скорина, Е. И. Сарви́ро); *Сорта фасоли овощной Сонечка и Бажена* (авторы: Р. М. Пугачев, В. В. Скорина, В. В. Скорина и др.); *Сорт бархатцеф отклоненных Максимус* (авторы Н. В. Максименко, Р. М. Пугачев, В. Н. Прохоров); *Сорта земляники садовой Полли, Татиус, Тарро, Симсан, Петсан* (авторы Р. М. Пугачев, Т. Н. Камедько, М. В. Сандалова и др.); *Сорта томата Беркут, Чирок и гетерозисного гебрида F1 Тайник* (авторы А. В. Исаков, А. В. Кильчевский, М. М. Добродькин и др.); *Сорта базилика Володар и Настена* (авторы: В. В. Скорина, Т. В. Сачивко); *Сорта редиса Агни и Всеславец* (авторы: В. В. Скорина и др.); *Сорт салата Валькирия* (авторы: О. Н. Бобкова, В. В. Скорина и др.); *Сорт мяты перечной Вдохновение* (авторы: В. В. Скорина и др.); *Сорт сельдерея Велимир* (авторы В. В. Скорина, А. Н. Орешков и др.); *Сорт иссопа лекарственного Веселин* (авторы: В. В. Скорина, Н. П. Купреенко и др.) и другие.

Кафедра поддерживает тесные связи с Всероссийским НИИ селекции и семеноводства овощных культур, Варминско-Мазурским университетом в г. Ольштын (Польша), Литовским институтом садоводства и овощеводства, Херсонским государственным аграрно-экономическим университетом в Украине, а также рядом научно-исследовательских учреждений России, Молдавии, Казахстана, Болгарии.

Преподаватели, совместно с аспирантами, магистрантами и студентами кафедры плодовоовощеводства неоднократно выигрывали конкурсы научных проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований: № Б14-120 «Видоспецифический состав и патогенность эпифитотийно опасных возбудителей болезней земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) на территории Беларуси», № Б16М-124 «Разработать эффективный метод отбора устойчивых к болезням генотипов земляники садовой на ранних этапах развития

растений», № Б19-087 «Генетическая идентификация потенциала устойчивости к болезням сортов земляники садовой (*Fragaria x ananassa* Duch.) для использования в маркер-сопутствующей селекции» и др. Являются исполнителями хоздоговорных тем: № 285 «Оценка эффективности регулятора роста Ростмомент, ВГ (дрожжи *r. Saccharomyces* и продукты их метаболизма) на овощных и плодово-ягодных культурах», № 449 «Эффективность применения комплексных удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур», № 479 «Эффективность применения средств защиты при выращивании овощных культур», № 450 «Оценка эффективности применения удобрений на сельскохозяйственных культурах в открытом и защищенном грунте» и др.

Результаты научных исследований внедрены в учебный процесс на различных кафедрах УО БГСХА, а также используются в РУП «Институт плодководства», РУП «Институт овощеводства», Институте микробиологии НАН Беларуси, ООО «Полисад», КФХ «Демский сад» и в других организациях сельскохозяйственного направления.

В рамках внебюджетной деятельности на кафедре оказываются консультативные услуги по вопросам производства, хранения и переработки плодов и овощей, декоративному садоводству для хозяйств и частных лиц, садовых товариществ; проводятся тематические выездные лекционные и практические занятия по заявкам организаций; ведется производство продукции плодовоовощеводства (рассады овощных культур, посадочного материала плодовых и ягодных культур, плодов и овощей, пряно-ароматических и лекарственных растений).

Профессорско-преподавательский состав кафедры плодовоовощеводства является авторами более 700 работ научного и методического характера.

Задачей ближайшего будущего является проведение учебной и научно-исследовательской работы по изучению биологических особенностей роста и развития плодовых, ягодных и овощных культур с учетом процесса интенсификации сельского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-исследовательская деятельность учащихся в современном образовательном пространстве: особенности и подходы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/80/546/29549.php> – 24.11.2021.

2. Роль учебно-исследовательской деятельности в формировании профессиональных компетенций будущих специалистов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tgiek.ru/sites/default/files/metod/b_3.pdf – 24.11.2021.

3. Агроэкологический факультет. 20 лет: сборник материалов / сост.: Ю. А. Миренков [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – С. 59–77.

4. Великанов, В. В. Белорусская сельскохозяйственная академия: 180 лет: краткий очерк истории и деятельности / В. В. Великанов, А. А. Герасимович, А. С. Четчин. – Гомель: Издательский дом «Вечерний Гомель-Медиа», 2020. – С. 150–153.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСТПИРОГЕННЫХ ПОЧВ ЗАПОВЕДНИКА «УТРИШ»

В. Д. ЛЫГАНОВСКАЯ, студентка,
Д. А. ПРИВИЗЕНЦЕВА, студент

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

На территории заповедника «Утриш» в 2021 году через год после пожара была изучена ферментативная активность почв с помощью метода, основанного на реакции ферментативного гидролиза диацетата флюоресцеина. В результате было выявлено, что пирогенный фактор оказывает пролонгированное влияние, значительно подавляя активность почвенных гидролаз.

Ключевые слова: *пирогенное воздействие, пожары, активность ферментов.*

Лесные пожары наносят огромный ущерб экосистеме, в результате чего может быть уничтожена большая часть растений, среда обитания животных и почвенных микроорганизмов. Все пожары могут быть классифицированы в зависимости от относительной высоты распространения горения на подземные, низовые и верховые пожары. К последним относится пожар, случившийся во второй половине августа 2020 г. на территории заповедника «Утриш». По данным экспертов, сгорело 130 га уникальных реликтовых лесов, состоящих из редких третичных пород деревьев, восстанавливающийся несколько сотен лет. С помощью оценки последствия пожара не только для растительного мира, но и для почвенного покрова с обитающими в нем геобионтами, можно проследить возможность их восстановления.

Подобные исследования оценки влияния пожаров на микробные комплексы почв проводились в Красноярском крае в 2015 г после пожаров высокой интенсивности [1].

Цель работы – изучить влияние пожара на гидролитическую способность почв в почвах заповедника «Утриш».

Задачи:

1. Определить участки пожарищ с разной степенью повреждения почвенно-растительного покрова.
2. Изучить активность фермента в постпирогенных почвах.
3. Оценить изменение активности ФДА в почвах разной степени повреждения.

Объекты: экосистемы Северного Причерноморья полуострова Абрау, природный заповедник «Утриш». Заповедник отнесен распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 сентября

2010 года № 1436-р к ведению Минприроды России [2]. Заповедник расположен в Краснодарском крае в границах муниципальных образований – городов Анапа и Новороссийск. Площадь заповедника на сегодняшний день составляет 9910,33 га земельно-лесного фонда. Российское Причерноморье представляет собой уникальный регион со сложным пересеченным рельефом, теплым средиземноморским климатом и оригинальными почвами [3].

Оценку степени пирогенного воздействия проводили по степени нагара на деревьях, силе повреждения древесного яруса, по цвету, почвенной структуре и другим параметрам. Участки разбивались по степени постпирогенного воздействия (слабое, среднее, сильное), за контроль были приняты участки, не тронутые пожаром. Для того чтобы определить гидролазную активность почвенных микроорганизмов, использовались образцы поверхностного слоя (0–3 см).

Почвенные микроорганизмы образуют ферментные комплексы, которые гидролизуют бесцветный реактив флуоресцеин диацетата с образованием ярко окрашенного флуоресцеина. Гидролиз флуоресцеин диацетата (ФДА) осуществляется такими ферментами, как протеазы, липазы и эстеразы. Способностью гидролизовать ФДА обладают гетеротрофные бактерии, грибы, водоросли и протисты [4]. Активность ФДА определяли по методу Г. Адам и Х. Дункана (2001), модифицированного Р. Маргезин (2005).

В ходе исследования получены о существенных различиях в значениях биологической активности почв. Отмечены существенная пространственная вариабельность активности в почвах фоновых участков. В контрольном образце участка П5 отмечена высокая активность гидролиза ФДА, что является показателем целостности микробиологических биоценозов. На контрольном участке П1 наблюдается сниженная на 25 % ферментативная активность. Степень снижения активности гидролиза ФДА после пожара зависит от степени воздействия. В целом наблюдается тенденция уменьшения активности гидролиза флуоресцеин диацетата с увеличением степени пирогенного воздействия на почвы. Но на некоторых участках со слабой и, даже, средней степенью повреждения пожаром отмечены случаи незначительного повышения активности.

Пожар, произошедший на территории заповедника, привел к изменениям ферментативной активности. В основном в сторону необратимого ингибирования. В контрольных участках активность ферментов уменьшалась со сменой почвенных горизонтов, в связи с тем, что в нижних слоях меньше микроорганизмов и корней растений, которые выделяют эти ферменты.

Изменение ферментативной активности ФДА в верхних слоях почвы

Степень воздействия пожара	Участок	мкг флуоресцина/г почвы/2 ч (усредненное значение)	% от К
Контроль Контроль 1	П1	478,9	100
	П5	633,1	125
Слабое	П4	604,6	116
Слабое	П9	563,7	108
Среднее	П6	522,0	109
Среднее	П7	445,5	95
Среднее	П8	572,6	99
Сильное	П2	417,4	95
Сильное	П3	436,6	85
Сильное	П10	271,1	68

Таким образом, было выявлено, что в постпирогенных почвах ферментативная активность почвенной микрофлоры, определенная по активности ФДА, через год значительно ниже, чем на контрольном участке без пожара. Скорость восстановления активности фермента находится в прямой зависимости от степени воздействия пирогенного фактора.

Исследования выполнены при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

ЛИТЕРАТУРА

1. Богородская, А. В. Влияние пожаров разной интенсивности на микробные комплексы почв кедровых насаждений средней тайги Красноярского края / А. В. Богородская, Е. А. Кукавская // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 4. Date Views 20.11.2021 cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-pozharov-raznoy-intensivnosti-na-mikrobnyye-kompleksy-pochv-kedrovykh-nasazhdeniy-sredney-taigi-krasnoyarskogo-kрая/viewer.
2. Государственный природный заповедник «Утриш» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://utrishgprz.ru/about>. – Дата обращения: 20.11.2021.
3. Казеев, К. Ш. Атлас почв Юга России / К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков, С. И. Колесников. – Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 2010. – 128 с.
4. Даденко, Е. В. Методы определения ферментативной активности почв / Е. В. Даденко, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2021. – 176 с.

ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ НА УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

Е. Ю. МАТВЕЕВА, канд. биол. наук

Институт агроэкологии – филиал ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ,
с. Миасское, Челябинская область, Российская Федерация

Во время учебной практики обучающиеся приобретают профессиональные навыки через применяемые методики, контроля качества почв по показателям биологической активности. Даны рекомендации по использованию метода «аппликаций» для определения целлюлозоразлагающей активности почв, метода исследований нитрификационной активности почв и метода абсорбции углекислого газа из почвы.

Ключевые слова: научно-исследовательская деятельность, биометоды, скорость эмиссии углекислого газа, нитрификационная активность, целлюлозоразлагающая активность.

Научно-исследовательская деятельность обучающихся является обязательной, необходимой составляющей для формирования профессиональных компетенций обучающихся [1]. Одной из форм организации научно-исследовательской деятельности обучающихся являются различные виды практик, в том числе и учебная. Бакалавры направления подготовки 35.03.03 Агроэкология должны владеть современными методами контроля качества почв не только с агрохимических позиций, но и с экологических, для этих целей хорошо подходят биометоды.

В Институте агроэкологии – филиале ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ проводятся исследования эколого-биологических свойств почв. Данной работой занимаются преподаватели кафедры агротехнологий и экологии совместно с обучающимися, которые, по результатам проведенных исследований, принимают участия в конференциях, публикуют научные статьи, защищаются выпускные квалификационные работы. На учебной практике по Агроэкологии, Почвоведению, Агрочвоведению апробируются различные методики по определению «дыхания» почв, нитрификационной активности почв, целлюлозоразлагающей активности почв. Это осуществляется с целью изучения существующих биометодов, обоснования их применения, разработки вариаций для контроля качества почв и применения их в научно-исследовательской деятельности.

Основным объектом исследований являются почвы опытного поля Института агроэкологии в посевах кукурузы, рапса после применения химических средств защиты растений [2, 3].

Биологическая активность почвы контролируется по совокупности показателей суммарного эффекта деятельности почвенных микроорганизмов. К показателям суммарного эффекта деятельности почвенных микроорганизмов, определение которых нетрудоемкое и не требует специальной подготовки и специализированной лаборатории, можно отнести: изучение скорости эмиссии углекислого газа из почвы; изучение нитрификационной активности почв; изучение целлюлозоразлагающей активности почв [4].

Для определения целлюлозоразлагающей активности почв за основу был взят полевой метод «аппликации». Степень разложения в почве льняной ткани при таком методе отражает напряженность хода микробиологических процессов, так как степень активности целлюлозных микроорганизмов зависит от наличия в почве доступного азота, фосфора и других элементов.

Применяемые в практике опытного дела способы закладки ткани в почву несколько различаются.

Можно рекомендовать следующую модификацию этого метода:

1. Льняную ткань размером 20×10 см взвесить и степлером в нескольких местах прикрепить полиэтиленовую пленку такого же размера.

2. На делянках сделать равномерно прикопки, к ровной вертикальной стенке каждой из них прижать ткань и засыпать с другой стороны почвой, уплотнить ее до исходного состояния. Место закладки полотна отметить маркером.

3. Полотна вынимать из почвы в зависимости от целей исследований через месяц, два и т. д., или в конце вегетационного периода.

4. Полотна отмыть, просушить, взвесить на аналитических весах.

5. По разности массы до и после экспозиции определить убыль сухой массы ткани и выразить ее в процентах.

Потенциальную возможность почвы по накоплению минерального азота характеризует нитрификационная активность. Процесс нитрификации осуществляется специфическими микроорганизмами, деятельность которых во многом зависит от температуры, влажности, аэрации, наличия питательных веществ, реакции среды. Высокая требовательность к условиям существования позволяет считать уровень их жизнедеятельности объективным показателем степени плодородия почвы.

Нитрификационную активность определяют по возрастанию в почве содержания нитратов при некотором выдерживании ее в оптимальных для микроорганизмов условиях.

Для этого: 1. 100 г почвы помещают в стеклянную емкость на 250 мл, увлажняют дистиллированной водой, количество которой должно довести влажность почвы до 60 % полной влагоемкости.

2. Емкости закрыть ватной пробкой, взвесить и поместить на 30 дней в термостат с температурой 27–28 °С.

3. Влажность в емкостях в течение опыта должна быть постоянной, необходимость доувлажнения устанавливать при периодическом взвешивании емкостей.

4. После окончания инкубации определить содержание нитратов в почве: данные контроля (почва без средств химизации) вычитать из результатов вариантов опыта.

5. Выразить нитрификационную активность почвы в мг N–NO₃ на 1 кг почвы. Повторность каждого варианта трех-, четырехкратная.

Эмиссия углекислого газа или интенсивность «дыхания» относится к лабильным современным признакам, в тоже время тесно связана с суммарной биологической активностью и является очень четким и выразительным показателем изменений скоростей процессов в сезонной динамике, при изменении погодных условий, при загрязнении почв.

Методы абсорбции определения «дыхания» почвы, как наиболее простые и не требующие громоздкого оборудования, применяются давно и в настоящее время широко распространены. Их можно проводить непосредственно в полевых или лабораторных условиях.

Для определения данного показателя в полевых условиях за основу взят метод Штатного, в лабораторных условиях метод Галстяна.

Представляем вариации данных методов:

1. Почву изолировать от окружающего воздуха сосудом, под который поместить емкость со щелочью для поглощения CO₂.

2. Через определенный промежуток времени (в полевых условиях – 1 час, в лабораторных – 24 часа) щелочь оттитровать кислотой.

3. Одновременно произвести контрольное определение, для чего щелочь поставить в пустой сосуд и изолировать от внешнего воздуха.

4. Полученные в опыте интенсивности сравнить со шкалой и дать ей оценку.

В представленных выше методиках получают результаты по разным показателям с разными единицами измерения. Чтобы их можно было сопоставить, рассчитывают индекс токсичности почв для каждого показателя и среднее значение индекса токсичности почв для каждого варианта. Полученные значения индексов оценивают, используя шкалу токсичности в модификации А. С. Багдасарян, в которой есть классы токсичности и стимулирующего действия [5].

Описанные биометоды просты в методическом плане. При соблюдении принципов, на которых они основаны, их легко адаптировать к фактическим условиям контроля. Используя их на учебной практике, обучающиеся отработывают методики, приобретают профессиональные навыки и осуществляют научно-исследовательскую деятельность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриченко, Н. И. Научно-исследовательская деятельность в академии: традиции, современное состояние и перспективы развития / Н. И. Гавриченко // Вестник БГСХА. – 2010. – № 1. – С. 15–26.
2. Покатилова, А. Н. Оценка биологических свойств черноземных почв лесостепи Зауралья после применения гербицидов в посевах ярового рапса / А. Н. Покатилова, Е. Ю. Матвеева // АПК России. – 2020. – Т. 27. – № 3. – С. 434–439.
3. Матвеева, Е. Ю. Оценка целлюлозолитической активности чернозема выщелоченного после применения гербицидов в посевах кукурузы в условиях северной лесостепи Челябинской области // Теория и практика актуальных исследований: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., 25 августа 2016 г. – Краснодар, 2016. – С. 128–133.
5. Казеев, К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
6. Багдасарян, А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием городских организмов: дис... канд. биол. наук / А. С. Багдасарян. – Ставрополь, 2005. – 160 с.

УДК 372.854:378.147.88

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ОСНОВЕ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

Е. В. МОХОВА, канд. с.-х. наук, доцент,
О. В. ПОДДУБНАЯ, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В статье представлена значимость химического эксперимента в организации исследовательской деятельности студентов аграрного профиля. Внедрение прикладного изучения окислительно-восстановительных реакций на примере почв позволяет раскрыть творческие способности студентов.

Ключевые слова: компетенции, образовательный процесс, лабораторные исследования, активизация познавательной деятельности.

Изучение химии имеет двоякую цель: одна – усовершенствование естественных наук, другая – умножение жизненных благ
М. В. Ломоносов

Вся история материальной культуры человечества связана с использованием законов природы, а фундаментальные биологические

знания являются научной основой общих принципов организации промышленности и сельского хозяйства. Медицина, генетика, селекция, ветеринария, сельскохозяйственная практика, экология основаны не только на знании биологии, но и на химических законах [2].

Химические знания необходимы для понимания вопросов экологии, почвоведения, агрономической химии, физиологии растений, микробиологии, химической защиты растений и процессов переработки продукции сельского хозяйства.

Актуальность организации исследовательской деятельности студентов УО БГСХА по дисциплине «Химия» как практико-ориентированной формы обучения – один из элементов профессиональной подготовки по аграрным специальностям биологического профиля. Исследовательскую деятельность также можно отнести к числу технологий лично-ориентированного характера при условии, если педагог проявляет заинтересованность в личностном росте студента, формировании его ценностных ориентиров, личностных качеств. Использование в практике обучения исследовательского метода представляет собой высший этап процесса познания и предполагает развитие творческого мышления. Приобретение навыков творческого мышления, возможно, прежде всего, через научную деятельность. Химический эксперимент в анализе природных объектов и сельскохозяйственной продукции является одним из самых эффективных методов стимулирования учебно-познавательной деятельности [1].

Таким образом, изучение химии невозможно без эксперимента, который проделан своими руками и увиден своими глазами. Выполняя химические опыты, студенты узнают об индивидуальной природе веществ, устанавливают взаимосвязи между строением веществ и их свойствами. Значительное внимание уделяется проблемно-научному эксперименту, систематическое применение которого позволяет достигать реальных результатов в развитии познавательных способностей первокурсников. Очень важно сопровождать эксперимент яркими, запоминающимися цитатами из художественной и научно-популярной литературы, фактами из жизни ученых.

Для повышения исследовательской активности студентам агрономического профиля первых курсов предлагаются лабораторные работы, связанные с химическими исследованиями природных объектов, в частности, почв. Пример лабораторного занятия, которое имеет цель на основе теоретических знаний установить причинно-следственные связи изменения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП – Eh) почвы [3, 4].

Тема «Окислительно-восстановительные реакции»

Химия связывает знакомое
с основными законами природы
П. Эткинс

Окислительно-восстановительные свойства почвы – это ее способность проявлять себя как окислительно-восстановительная система (ОВС). В почве присутствуют разнообразные органические и минеральные вещества, способные вступать в реакции окисления и восстановления. В почвах имеется несколько ОВС. Среди минеральных веществ часто встречаются ОВС типа: $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$, $\text{Mn}^{4+} \rightarrow \text{Mn}^{3+} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$, $(\text{SO}_4)^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$, $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$, $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$. Уровень ОВП отражает преобладание процессов окисления или восстановления; выражается в милливольтгах (мВ) и измеряется потенциометрически при помощи электрода, погруженного во влажную почву. При снижении показаний Eh до 200–250 мВ в почве начинают развиваться микробиологические процессы резко восстановительного характера, например образование глея. В нейтральных почвах уже при Eh 250 мВ восстанавливается такое количество марганца, что образовавшиеся соединения данного элемента могут отравить растения. При Eh 340 мВ создается обстановка, благоприятствующая энергичному восстановлению нитратов до свободного азота денитрификаторами.

Студентам предлагается проанализировать напряженность окислительно-восстановительных процессов с условиями реакции среды, с величиной рН. От этого показателя зависит переход в раствор компонентов некоторых окислительно-восстановительных систем почвы.

Как правило, в кислой среде окисление идет при более высоких значениях Eh по сравнению со щелочными условиями. Для получения сравнимых данных в средах с различной величиной рН У. М. Кларк предложил использовать показатель водородного потенциала rH_2 :

$$rH_2 = \frac{Eh}{29} + 2pH.$$

При rH_2 выше 27 преобладают окислительные процессы, при 22–25 – восстановительные и при rH_2 ниже 20 происходят интенсивные восстановительные процессы. На основании данных знаний студентам специальности Агрохимия и почвоведения при изучении специальных дисциплин понятны определения: окислительно-восстановительной емкости (максимальное количество окислителя (восстановителя), которое может быть связано почвой) и окислительно-восстановительной буферности (способность почв противостоять изменению ОВП).

Изучая редокс-системы в своих исследованиях, студенты отмечают, что важным условием, определяющим интенсивность и направ-

ленность окислительно-восстановительных процессов – состояние увлажнения и аэрации почв.

Лабораторный практикум по химии в виде научного эксперимента позволяет повысить качество обучения студентов аграрных специальностей, развить творческие способности студентов, их стремление к непрерывному приобретению новых знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поддубная, О. В. Практическая химия в приложении к аграрным специальностям биологического профиля / О. В. Поддубная // Женщины-ученые Беларуси и Польши: материалы Междунар. науч.-прак. конф., Минск, 26 марта 2020 г. / БГУ; редкол.: И. В. Казакова, И. В. Олюнина (отв. ред.). – Минск: БГУ, 2020. – С. 259–264.
2. Прудникова, Е. Г. Преподавание органической химии в аграрном вузе с учетом профиля специальности / Е. Г. Прудникова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016. № S2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prepodavanie-organicheskoy-himii-v-agrarnom-vuze-s-uchetom-profilya-spetsialnosti>. – Дата доступа: 05.11.2021.
3. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
4. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 234 с.

УДК 378.147:001.8:54:372.8

ПРОБЛЕМНО-ПОИСКОВЫЙ МЕТОД ОБУЧЕНИЯ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

О. В. ПОДДУБНАЯ, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В статье показана эффективность процесса формирования научно-исследовательской деятельности студентов через проблемно-поисковый метод обучения при изучении дисциплины «Химия». Деятельность проблемного поиска позволяет преобразовывать теоретические знания в профессиональный опыт и реализовывать научный потенциал.

Ключевые слова: обучение химии, проблемно-поисковый метод, образовательный процесс, научно-исследовательская деятельность студентов.

У каждого человека свое умение
видеть, думать и чувствовать.
Нет ничего глупее, чем пытаться
подменить у него это умение нашим.
Ж.-Ж. Руссо

В настоящее время из-за большого потока доступной информации возникли противоречия между современными требованиями подготов-

ки специалистов и формированием у студентов предметных компетенций. Эта проблема является общей для мирового педагогического сообщества.

Актуальность внедрения метода проблемного поиска в научно-исследовательскую деятельность студентов состоит в повышении качества обучения химии через формирование экспериментальных навыков обучения.

Одним из важных условий формирования компетенций является использование проблемно-поисковых нестандартных задач, содержащих известные и еще новые для студентов данные, приводящие к созданию и развитию ситуаций, в решении которых реализуется компетенция как личностное свойство. Проблема в структуре задания является началом мысли студента, основой его интереса к химии, ядром развивающего обучения, условием сознательного усвоения предмета. Проблемно-поисковая деятельность, в которую студенты включаются в процессе решения задачи, – важный фактор приобретения предметно-образовательных и ключевых компетенций [1, 2].

Проблемный эксперимент – это такая форма применения химического эксперимента в обучении, которая дает возможность создать и создать ситуацию-проблему, вызывая интерес у студентов к поиску причин и сущности наблюдаемого явления. Когда получены результаты проведенного нестандартного, оригинального или неожиданного эксперимента, то он своим содержанием или необычным направлением сразу создает проблемную ситуацию. После осознания проблемы студенты непроизвольно включаются в поисковую деятельность, которая потребует от них нового, оригинального подхода или нового, неизвестного им ранее способа решения проблемы. Поисковая мысль студентов при этом может быть разной: анализ фактов, возникновение догадки, выдвижение гипотез, сопоставление новых данных с известными теориями, обобщения, получение нового знания. Дальнейшие исследования, к которым побуждает проблемный эксперимент, могут носить тоже различный характер – теоретические изыскания или исследовательский эксперимент [2].

В УО БГСХА на кафедре химии образовательный процесс организован с учетом развития исследовательских умений студентов: решение проблемных лабораторных задач; проведение на лабораторных занятиях экспериментов с целью исследования. Так, при изучении дисциплины «Химия» студенты агрономического профиля принимают активное участие в учебно-исследовательской работе по следующим темам: «Изучение зависимости рН от различных факторов», «Изучение зависимости константы гидролизующихся солей от концентрации и температуры», «Определение ионных форм биогенных элементов в водных растворах». В разделе «Органическая химия» выпол-

няются следующие учебно-исследовательские работы: «Идентификация органических соединений по температуре плавления», «Обнаружение функциональных групп в исследуемом соединении», «Исследование содержания крахмала поляриметрическим методом», «Исследование содержания клетчатки в сельскохозяйственных культурах» и др. [3]. В разделе «Физическая и коллоидная химия» изучая химическую кинетику и термодинамику, студенты специальности «Экология сельского хозяйства» выполняют учебно-исследовательскую работу «Измерение тепловых эффектов химических реакций и физических процессов», «Определение pH водных растворов электролитов», «Адсорбция уксусной кислоты на поверхности почвы». В процессе таких действий будущие специалисты приобретают практические навыки работы с приборами и оборудованием, используя свои знания для решения конкретных прикладных задач и научных исследований.

Эти проблемно-поисковые работы ставят своей задачей научить студентов (в пределах учебных планов) проводить индивидуальную работу по заданной теме с применением теоретических и экспериментальных методов исследования. Студенты включают в исследования теоретическую терминологию, применяя при этом правила и законы, анализируют полученные результаты и делают выводы. Возможности академии позволяют проводить эксперимент не только на базе кафедры химии, но и в Химико-экологической лаборатории вуза, оснащенной современным оборудованием. При использовании проблемно-познавательного метода химического эксперимента студенты, получив познавательную задачу, активно применяют свои знания и умения. Они разрабатывают алгоритм действий: план проведения эксперимента, чтобы достичь поставленной цели; подбор веществ и приготовление растворов; системная последовательность операций, если необходимо – конструкция прибора. Ведут наблюдения за экспериментом по определенному плану, регистрируют и анализируют полученные данные, объясняют их с теоретической точки зрения, делают выводы.

Включение студентов агрономического профиля в проблемно-поисковую деятельность позволяет преобразовывать теоретические знания в профессиональный опыт, это создает условия для саморазвития личности, что, в конечном счете, формирует общие и профессиональные компетенции выпускников УО БГСХА, обеспечивающих конкурентоспособность и востребованность на рынке труда.

Таким образом, реализация проблемного эксперимента является важным моментом в образовательном процессе и способствует повышению интереса к изучению химии. Только на собственном опыте можно применять интерактивные формы обучения проблемного характера (дискуссии, конференции, обсуждения рефератов и т. п.), что

обеспечивает максимальную активность студентов в процессе формирования компетенций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поддубная, О. В. Химический эксперимент по изучению природных объектов как основа организации научно-исследовательской деятельности учащихся / О. В. Поддубная // Sviridov Readings 2018: 8-th Intern. Conf. on Chemistry and Chemical S96 Education, Minsk, Belarus, 10-13 April, 2018. Bool od Abstr. – Minsk: Krasiko- Print, 2018. – P. 205–207.
2. Седнев, К. В. Организация проблемно-поисковой деятельности при изучении химии студентами биологического профиля / К. В. Седнев, О. В. Поддубная // Методика преподавания химических и экологических дисциплин: сб. научных статей Междунар. науч.-метод. конф. – Брест, 16–17 ноября 2018 г. – Брест, 2018. – С. 87–90.
3. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 234 с.

УДК 372.8:54

РОЛЬ ИНТЕГРАЦИИ УЧЕБНОЙ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ БИОЛОГО-ХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В ФОРМИРОВАНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ

Н. С. СТУПЕНЬ, канд. техн. наук, доцент,
В. В. КОВАЛЕНКО, ст. преподаватель

УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»,
г. Брест, Республика Беларусь

Рассмотрены вопросы организации исследовательской деятельности студентов по дисциплинам химического цикла. Приведена тематика реферативных и экспериментальных работ студентов, которые реализуются на кафедре химии БрГУ имени А. С. Пушкина

Ключевые слова: предметная и научно-исследовательская компетентность, научная деятельность студентов, профессиональная подготовка, творческие способности.

Одной из главных задач в рамках классического университетского образования становится подготовка специалиста, которая сочетает в себе фундаментальность, связь с передовыми научными исследованиями, возможность междисциплинарного взаимодействия [1]. Важнейшими направлениями интенсификации учебного процесса высшей школы являются индивидуализация обучения и развитие творческих способностей будущих специалистов. Этому способствует внедрение активных форм и методов обучения, тесная интеграция учебной и научной работы, а также поиск новых и эффективных форм организации самостоятельной работы студентов. Все это достигается внедрением в систему образования компетентностного подхода. В связи с этим

в научно-методической литературе уделяется большое внимание формированию компетенций, поиску средств измерения и оценки компетенций учащихся, характеристике различных видов компетенций. В этой связи на кафедре химии БрГУ имени А. С. Пушкина была реализована научно-исследовательская работа «Формирование профессиональных компетенций у студентов при изучении дисциплин химического профиля» (№ ГР 20151015). В результате исследований были разработаны модели содержания предметных компетенций студентов в рамках различных дисциплин химического профиля: общей и неорганической химии, аналитической химии, физической и коллоидной химии, органической химии [2, 3].

По нашему мнению, овладеть предметной химической компетенцией в полной мере студенты могут только через формирование научно-исследовательской компетенции. Химия – это экспериментальная наука, поэтому исследовательская компетенция студентов биолого-химического профиля – это наличие знаний в области организации исследовательской деятельности, владений специальными умениями и навыками научных исследований, опыта творческой деятельности. Все эти составляющие обеспечивают дальнейшее личностное развитие будущих профессионалов.

В преподавании химических дисциплин используются все известные традиционные формы: лекции, семинары и лабораторные работы. Однако все эти формы занятий должны иметь активный и проблемный характер, что будет способствовать формированию исследовательской компетенции.

Важнейшим компонентом профессиональной подготовки студентов в вузе является научно-исследовательская работа (НИРС). Различают научно-исследовательскую работу, включенную в учебный процесс и выполняемую студентами во вне учебное время.

Для эффективности организации НИРС необходимо обеспечить интеграцию учебной и научно-исследовательской работы студентов. С одной стороны, студенты, занимающиеся исследовательской работой, должны наглядно видеть практическую значимость своих результатов, с другой стороны, использование результатов НИРС в учебном процессе (на лекционных, семинарских и лабораторных занятиях) позволит заинтересовать студентов в более глубоком понимании данной темы, а также привлечь к выполнению интересных экспериментальных работ. Такой подход к образованию позволит создать условия для формирования высокопрофессиональной и творчески активной личности будущего специалиста и ученого.

Формирование навыков исследовательской компетенции у студентов младших курсов происходит через развитие творческих способно-

стей в учебном процессе при подготовке докладов и мультимедийных презентаций на лекции и практические занятия, а также при выполнении химического эксперимента на лабораторных занятиях, при написании курсовых работ. Самостоятельная активность студентов при таких видах работы достаточно большая. Например, при изучении дисциплины «Общая и неорганическая химия» студентам предлагается подготовить доклады и мультимедийные презентации на темы: «Нобелевские лауреаты по химии: Э. Резерфорд», «Нобелевские лауреаты по химии: М. Склодовская-Кюри», «Синтез новых элементов и развитие периодической системы химических элементов»; «Природные силикаты и алюмосиликаты», «Искусственные силикаты – стекла», «Графен – аллотропная модификация углерода» и др.

При изучении дисциплины «Аналитическая химия» студенты готовят лекции-презентации «Основы хроматографического анализа», «Электрохимические методы исследования», «Оптические методы исследования». Содержание дисциплины «Основы химии полимеров» предполагает владение информацией о современных направлениях развития синтеза новых полимерных материалов. Поэтому такие темы, как «Производство полимерных материалов в Республике Беларусь», «Полимеры 21 века». «Основные направления синтеза новых полимерных материалов», «Нанотехнологии при производстве полимеров», подготовленные студентами в виде докладов и презентаций, дополняют теоретический материал, предусмотренный программой данной дисциплины.

На наш взгляд, тематика научно-исследовательской работы студентов в учебное и вне учебное время должна отражать междисциплинарные связи. Например, современный химический анализ является неотъемлемым компонентом экологических исследований. Последние достижения химической науки позволяют решать важнейшие экологические задачи, основываясь на практическом использовании химического знания как средства получения информации о химическом составе окружающей среды [4]. На биологическом факультете Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина изучении элементов мониторинга в преподавании химических дисциплин реализуется, в первую очередь, за счет лабораторного курса. Такие лабораторные работы способствуют осознанию студентами прикладного аспекта химии и реализации принципа мультидисциплинарности, повышают интерес студентов к проведению исследовательского химического эксперимента. Изучение состава различных категорий вод является удачным примером, на котором в рамках ряда химических дисциплин можно наглядно продемонстрировать студентам биолого-химического профиля, как методы и методики экологического мони-

торинга, так и основы пробоотбора, пробоподготовки и анализа полученных результатов. Например, лабораторная работа «Определение жесткости воды методом комплексонометрии» (аналитическая химия): студенты исследуют пробы водопроводной воды своего места жительства, пробы воды поверхностных рек и т. д. Успешно может применяться для этих же целей и анализ почвы: хотя непосредственный объект анализа представлен твердой фазой, определение многих компонентов производится в вытяжках, поэтому методы анализа не отличаются от применяемых для анализа вод. Лабораторная работа «Основы анализа почвы» разработана на основе стандартных методик приготовления щелочной (содовой) и водной вытяжки из почвы. Студенты имеют возможность самостоятельно выбрать объект исследования, например, почву из различных мест в г. Бресте или с приусадебных участков по месту проживания.

НИРС, выполняемая во вне учебное время, как правило, требует руководства со стороны преподавателя и представляет собой участие в студенческих научно-исследовательских лабораториях, кружках, проблемных группах и проводится в форме индивидуального участия студентов. Научная работа студентов неразрывно связана с научными исследованиями ППС кафедры, которые выполняют задания по государственным программам фундаментальным и прикладным научным исследованиям, грантам, а также по договорам с организациями.

На кафедре химии БрГУ имени А. С. Пушкина студенты охвачены научно-исследовательской работой в 3 студенческих научных кружках и в научно-исследовательской студенческой лаборатории. Студенты 2–4 курсов активно вовлечены в выполнение следующих научных проектов: «Мониторинг утилизации и переработки твердых бытовых отходов на Брестском мусороперерабатывающем заводе за период 2015–2021 гг.», «Экологические аспекты загрязнения окружающей среды предприятиями Брестской области (на примере ТЭЦ г. Барановичи)», «Мониторинг выбросов в окружающую среду предприятием ОАО «Беловежский», «Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в малых реках бассейна р. Западный Буг», «Экологическая оценка степени загрязненности азотсодержащими компонентами поверхностных вод р. Припять».

Таким образом, интеграция самостоятельной работы студентов в процессе учебных занятий и выполнение научных исследований под руководством преподавателей позволит сформировать научно-исследовательскую компетенцию – одну из ключевых компетенций в системе химического образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хуторской, А. В. Технология проектирования ключевых и предметных компетенций [Электронный ресурс] / А. В. Хуторской // Интернет-журнал «Эйдос». – 2005. – 12 дек. – Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2005/1212.htm>. – Дата доступа: 26.11.2021.
2. Ступень, Н. С. Формирование предметной химической компетенции у студентов при изучении химических дисциплин / Н. С. Ступень, В. В. Коваленко // Вестник БрГУ им. А. С. Пушкина. – Серия 3: Филология. Педагогика. – № 2. – 2019. – С. 121–129.
3. Коваленко, В. В. Модель содержания предметной химической компетенции (на примере курса «Общая и неорганическая химия» в учреждениях высшего образования) / В. В. Коваленко, Н. С. Ступень // Педагогическая наука и образование. – 2019. – № 1 (26). – С. 58–61.
4. Бульская, И. В. Элементы мониторинга окружающей среды в системе обучения студентов биологического профиля / И. В. Бульская, А. А. Волчек // Менделеевские чтения 2013: сб. науч. ст. межвузовской науч.-метод. конф.; Брест, 26 февраля 2013 г. / Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина; под общ. ред. Н. С. Ступень. – Брест: БрГУ, 2013. – С. 238–240.

УДК 378.09

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНЧЕСКОГО НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА ФАКУЛЬТЕТА ПОЧВОВЕДЕНИЯ МГУ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОSOVA

Е. А. ТИМОФЕЕВА, канд. биол. наук,
Е. Н. ДЕРЕВЕНЕЦ

МГУ имени М. В. Ломоносова,
г. Москва, Российская Федерация

Исследовательская деятельность неразрывно связана с деятельностью СНО и позволяет студентам повысить возможность трудоустройства, усиливает качество подготовки кадров в рамках современных запросов, делает вклад в популяризацию науки в целом. СНО формирует научные интересы студентов факультета почвоведения МГУ, обеспечивает возможность научного и профессионального роста. Четыре направления деятельности СНО: научно-исследовательское, научно-практическое, научно-просветительское, информационное позволяет достичь указанные цели.

Ключевые слова: студенческое научное общество, популяризация науки, трудоустройство, научно-популярные мероприятия.

Факультет почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова является одним из ведущих научных центров в своей области, здесь готовят высоко квалифицированных специалистов по направлениям 06.03.02 «Почвоведение» и 05.03.06 «Экология и природопользование», являющихся кадровым резервом страны в области естественных наук. Как отмечает П. В. Калущкий (2015), сохранение научного, кадрового, интеллектуального потенциала ведущих научных школ, воспитание но-

вого поколения исследователей и ученых является одной из главных задач университета. Е. А. Тимофеева (2021) обращает внимание на то, что запросы общества и государства диктуют образовательным организациям новые задачи подготовки специалистов в области экологической безопасности и помимо знаниевой, практико-ориентированной составляющей необходимо развивать надпрофессиональные навыки и умения у обучающихся, только так можно получить высококвалифицированные кадры. Ценность образования на факультете почвоведения МГУ заключается в получении знаний по широкому кругу естественных наук и возможности закрепления знаний на практике, в том числе с учетом глобальной повестки климатического регулирования потока парниковых газов на базе УОПЭЦ «Чашниково», где будет функционировать карбоновый полигон, научные сотрудники и студенты факультета будут проводить исследования цикла углерода и эмиссии парниковых газов с учетом современных подходов.

Е. А. Печерская с соавторами (2017) отмечает, что научно-исследовательская работа студентов является неотъемлемой составной частью образовательного процесса и одновременно научно-исследовательской деятельности университета в целом, влияет на показатели его эффективности. Следует отметить, что участие студентов в научных исследованиях, проводимых на факультете почвоведения, иногда начинается задолго до их поступления на факультет, когда в рамках школы юных и подготовки проектной работы для регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по экологии ребята приходят в лаборатории. Обязательной научной работой становится с 3-го курса, подготовки курсовой, а затем выпускной квалификационной работы научно-исследовательского характера под руководством научного сотрудника или преподавателя факультета.

Для активизации студенческой научной деятельности и реализации научных и карьерных возможностей студентов в 2019 г. на факультете почвоведения МГУ было создано Студенческое научное общество (СНО). В структуру СНО входят председатель и сопредседатель, члены СНО из числа студентов факультета. Деятельность СНО курируют заместитель декана по дополнительному образованию, канд. биол. наук Е. А. Тимофеева и председатель Совета молодых ученых факультета, кандидат биологических наук Л. А. Поздняков. Созданное по инициативе студентов, СНО ведет работу по нескольким сферам деятельности, в рамках которых проводит различные мероприятия и оказывает информационную поддержку студентам.

Выявить результаты создания влияния СНО на трудоустройство студентов факультета почвоведения, качество подготовки кадров в рамках современных запросов, оценить вклад в популяризацию науки.

Цель создания СНО заключается в формировании научных интересов студентов факультета почвоведения, обеспечении возможности научного и профессионального развития – как внутри команды СНО, так и для каждого участника в отдельности.

Деятельность СНО ведется по четырем основным направлениям: научно-исследовательскому, научно-практическому, научно-просветительскому, информационному.

1. Научно-исследовательское направление.

Исследовательская деятельность неразрывно связана с деятельностью СНО и позволяет студентам в самоопределении, выборе направления своей научной работы, для этого проводятся дни открытых дверей на кафедре, интервью со студентами старших курсов, консультирование студентов младших курсов. Также ведется работа над совместными факультативными проектами, с целью создания стартапов, патентов или решения проектных задач. Так, например, коллективная научная деятельность в течение 2021 г. проходила в рамках международного проекта с университетами стран АСЕАН по водопользованию. На протяжении года команда студентов работала над вопросом возможности применения новой технологии очистки сточных вод для дальнейшего сброса в реку Москва. В ходе работы студенты развили коммуникативные навыки, обменивались знаниями с иностранными коллегами, получили опыт командной работы в международном проекте.

Научная работа может быть монетизирована, студенты могут получить гранты на развитие своих проектов, в том числе в рамках программы «УМНИК» Фонда содействия инновациям в Московском университете. Дополнительное финансирование на его развитие научных работ является дополнительным стимулом его успешной реализации. Помимо данного стимула, как отмечает Н. В. Мартюшев с соавторами (2013) для формирования у студентов устойчивой мотивации к научно-исследовательской деятельности необходимо создание условий: повышение престижа науки и профессии ученого; привлечение студентов к практической работе и изобретательскому творчеству; возможность испытать себя в решении актуальных задач по различным направлениям науки, экономики, техники и культуры. Данные цели позволяет достичь также следующего направления.

2. Научно-практическое направление.

Студентам необходимо получать актуальные фундаментальные знания *hard skills* наряду с их практическим применением и развитием *soft skills*. Для гармонизации теоретической подготовки и востребованности студентов факультета почвоведения МГУ проводится знакомство студентов с потенциальными работодателями. СНО организу-

ет экскурсии на предприятия, с целью анализа процесса работы промышленного предприятия изнутри, знакомства с применяемыми технологиями, что помогает студентам определиться с будущим местом работы.

Для развития карьерных возможностей будущих почвоведов и экологов СНО проводит Дни карьеры, информирование студентов о карьерном опыте выпускников факультета путем проведения интервью.

3. Научно-просветительское направление.

Экологическая повестка актуальна и занимает приоритетное место в современном мире, происходит экологизация практически всех сфер деятельности человека. Необходимость формирования экологического сознания у студентов как представителей молодежи, развивать экологическую культуру и green skills – согласно ООН – это знания, способности, ценности и установки, необходимые для жизни, развития и поддержки устойчивого, ресурсо- и эффективного общества.

Студенческое научное общество факультета почвоведения МГУ развивает в том числе «зеленые» навыки через «Научный клуб СНО» – это серия встреч и мастер-классов, посвященных знакомству с фундаментальными и прикладными направлениями работы экологов и почвоведов. «Научный клуб СНО» позволяет слушателям познакомиться с разными направлениями почвоведения и экологии, а также возможностями проведения грантовых научных исследований, стажировок и трудоустройства на примере опыта выпускников и молодых ученых через открытое взаимодействие.

В начале 2021 года был проведен экологический кейс-чемпионат СНО «Green Office Case», посвященный набирающей популярность концепции «зеленый» офис, одному из направлений снижения негативного воздействия на окружающую среду. Кейс организован совместно с партнером – общероссийской компанией «Городские реновации», результатом которого явилось создание методических рекомендаций по внедрению данной концепции в коммерческие организации и бюджетные учреждения города Москва.

С целью популяризации науки проводится конкурс научно-популярных статей «Pop&Soil», который направлен на развитие студенческого потенциала в распространении знаний и результатов научной деятельности, а также на привлечение и просвещение потенциальных абитуриентов. Лучшие статьи конкурса рекомендованы к публикации на научно-популярном портале с целью популяризации науки среди широкой аудитории.

В проектах СНО принимают участие не только студенты факультета почвоведения, но и студенты других вузов Москвы и регионов, а также школьники. СНО стремится популяризировать науку, повысить

информированность студентов о научных мероприятиях и карьере, образовать на факультете научно-ориентированное студенчество.

4. Информационное направление.

Важным направлением является регулярная публикация достижений СНО, проводимых мероприятий и достижений науки в соцсетях и на сайте факультета. В качестве работы по информированию студентов формируется Календарь научных событий, который включает различные научные и образовательные мероприятия, рекомендуемые студентам к участию. Для реализации обмена опытом студентов старших курсов, аспирантов и выпускников проводится рубрика Интервью, в рамках которой освещается тема трудоустройства, участия в конференциях и кейс-чемпионатах, стажировок и научной-деятельности на факультете.

Результатом работы СНО является выполнение поставленных задач по популяризации науки, экологическому просвещению и информированию студентов. К количественным критериям результативности относится число организованных мероприятий и количество студентов, принявших в них участие, а также количество партнеров, привлеченных к работе СНО. За два года проведено более 20 лекций в рамках Научного клуба СНО, День карьеры, более 5 просветительских мероприятия со школьниками, экологический кейс-чемпионат «Green Office Case». В мероприятиях приняли участие более 200 студентов и 8 компаний-партнеров. Качественными показателями работы СНО является повышение интереса студентов к научной работе, активности в научных и образовательных мероприятиях, получение ими теоретических и практических навыков.

На факультете почвоведения была проведена оценка качества образовательного процесса с привлечением работодателей и опрос о трудоустройстве выпускников, в результате которого было установлено, что более 95 % выпускников нашли работу по специальности.

Таким образом, создание студенческого научного общества на факультете почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова позволило повысить качество подготовки научных кадров в рамках современных запросов, а также внесло вклад в популяризацию науки в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калущкий, П. В. КГМУ: опыт организации научно-исследовательской деятельности / П. В. Калущкий // Высшее образование в России. – 2015. – № 1. – С. 109–114.
2. Мартюшев, Н. В. Система мотивации студентов высших учебных заведений к выполнению научной работы / Н. В. Мартюшев, Е. С. Синогина, У. М. Шереметьева // Вестник ТГПУ. – 2013. – № 1 (129). – С. 48–51.
3. Печерская, Е. А. Вовлечение студентов в научно-исследовательскую работу в университете: механизм и оценка эффективности / Е. А. Печерская, Е. А. Савеленок, Д. В. Артамонов // Инновации. – 2017. – № 8 (226). – С. 97–104.
4. Timofeeva, E. A., Kushnazarov P. I. Staff for ecology: Who needs the industry // JournalNX – A Multidisciplinary, Peer Reviewed Journal. – 2021. – P. 461–466.

РОЛЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ

Н. В. ФОМИНА, канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»,
г. Красноярск, Российская Федерация

В работе обоснованы некоторые аспекты научных направлений исследований студентов, занимающихся садово-парковым и ландшафтным строительством. Представлены варианты реализации проектной деятельности студентов и сформулированы виды исследовательской работы.

***Ключевые слова:** обучение, проектная деятельность, исследовательская деятельность, ландшафтная архитектура, подходы, формы, приемы.*

Проектная и исследовательская деятельность являются параллельными видами деятельности у студентов, обучающихся по направлению подготовки Ландшафтная архитектура. Совершенствование прогрессивных профессионально-ориентированных технологий обучения создает новую платформу для повышения уровня обучения. В первую очередь сейчас развиты дистанционные формы обучения, в которые адаптивно и качественно встроены и данные виды работы с обучающимися. Конечно, возникают некоторые коммуникационные барьеры при дистанционном формате обучения, в основном в результате технических сбоев. Но в целом, процесс дистанционного обучения для мотивированных студентов высвобождает время для более полной подготовки к занятиям, к проведению исследований, созданию проектов [1, 2].

Установлено, что исследовательская и проектная деятельность является уникальным инструментом развития личности обучающихся, действенным фактором образовательного процесса, способствующим их развитию [3, 4].

Интеграция образовательной и научной деятельности происходит в ходе проектного обучения. Научно-исследовательская работа закрепляет знания и умения, приобретаемые студентами в результате освоения теоретических курсов, вырабатывает практические навыки и способствует комплексному формированию профессиональных компетенций обучающихся. Однако полное развитие всех компетенций, несомненно, проявляется в ходе проведения исследовательской деятельности. Основной научной работой студентов по направлению подготовки Ландшафтная архитектура является выбор и обоснование методики проектирования, проведение эскизного проектирования объектов в зависимости от их градостроительного размещения, функций,

величины, значимости. Студенты проводят анализ технологических характеристик выполнения работ по благоустройству и озеленению территории и выращиванию декоративных растений, кроме того, проводят изучение и подбор ассортимента используемых растений. В процессе выполнения данных видов осваиваются профессиональные компетенции [6].

Исследовательская работа в ландшафтной архитектуре состоит в основном в выполнении ландшафтно-архитектурной оценки, основанной на определении показателя декоративности (эстетики). При этом устанавливаются типы садово-парковых насаждений, как основа пространственной структуры. На основании изученных показателей, формируется основа биоэкологического мониторинга за состоянием растений в городе. Оценка состояния цветочного оформления проводится по разработанной трехбалльной шкале. На территории объекта также проводится оценка состояния элементов внешнего благоустройства, как важная составляющая объекта ландшафтной архитектуры, в частности дорожно-тропиночная сеть, малые архитектурные формы и площадки для отдыха. Состояние малых архитектурных форм, оборудования и состояние элементов благоустройства оценивается по трехбалльной шкале. Разрабатываются мероприятия по их содержанию [7].

Основным обучающим приемом студентов, специализирующихся на садово-парковом и ландшафтном строительстве, является подготовка и выполнение квалификационной работы в форме проекта. Проектирование включает в себя разработку проекта по теме «Благоустройство и озеленение территорий». В качестве опытных участков могут выступать придомовая территория или территории парков и скверов.

Основные профессиональные задачи в обучении студентов по направлению подготовки Ландшафтная архитектура являются: улучшение состояния растений в городе, соблюдение принципа высокой декоративности насаждений, увеличение спектра используемых для озеленения растений, в том числе интродуцированных видов, активное использование кустарников в озеленении открытых пространств, а также многолетников при создании цветников.

Суть научной работы студентов по направлению подготовки Ландшафтная архитектура является выбор и обоснование методики проектирования, эскизное проектирование объектов в зависимости от их градостроительного размещения, функций, величины и значимости; эскизная разработка генерального плана объекта и его фрагментов также входит в задачи современного ландшафтного дизайнера. Проводя анализ некоторых аспектов выполнения работ по благоустройству и озеленению территорий, эксплуатации объектов ландшафтной архитектуры, выращиванию декоративных растений, по анализу ассорти-

мента используемых растений, студенты получают знания, необходимые для освоения профессиональных компетенций.

Обозначить варианты реализации проектной деятельности студентов в учебном процессе можно через выполнение курсовых работ по дисциплинам «Ландшафтное проектирование» и «Строительство и содержание объектов ландшафтной архитектуры».

Обоснование необходимости восстановить уже поврежденные территории посредством озеленения и создания садово-парковых ансамблей и методом ландшафтного анализа. Рассматривать принципы обучения и подходы к профессиональной подготовке студента на примере ландшафтной архитектуры. Обучающиеся в данной области владеют знаниями изучения разных видов ландшафтов, способами их оценки и понимания принципов их преобразования. Создание сформированного эстетически привлекательного ландшафта двигает студентов на поиск творческих нестандартных решений, развивает истинную точность в изменении природы.

В связи с этим возникли следующие исследовательские и проектные темы, некоторые из них:

1. Реконструкция насаждений на территориях.
2. Разработка перспективного и адаптивного ассортимента цветочно-декоративных и древесных растений для озеленения городской среды.
3. Разработка технологий размножения цветочных культур открытого и защищенного грунта.
4. Фитосанитарная оценка зеленых насаждений на объектах ландшафтной архитектуры.
5. Ландшафтно-архитектурная оценка территорий.
6. Разработка проектных мероприятий по организации питомников.
7. Благоустройство и озеленение селитебных территорий.
8. Мониторинг состояния насаждений в городской среде [6].

В настоящее время разрабатываются новые методологические подходы, направленные на совершенствование педагогических технологий, так как учебный процесс все более ориентируется на технологии инновационного обучения.

Применение проектного метода обучения с характерным для него созданием творческого продукта, главная практическая значимость работы. Метод проекта относится к форме взаимного обучения. Проект как интегративное дидактическое средство развития, обучения и воспитания студентов, позволяет вырабатывать и развивать специфические умения, навыки и компетенции. Данные компетенции находят отражение в профессиональной сфере. Известно, что проектирование

является также процессом создания определенной работы, в частности, фиксация его в какой-либо внешне выраженной форме.

Метод проектов как педагогическая технология ориентирует не на интеграцию полученных знаний, а на применение их на практике для целей человека. Метод учебных проектов является личностно-ориентированной технологией, интегрирующий в себе проблемный подход, групповые методы, рефлексивные, исследовательские и поисковые методы [4–6].

Сейчас наступило время не только теоретических разработок, но и реализации конкретных реальных проектов. Современным популярным направлением при этом является озеленение и благоустройство городских пространств. Благоустройство территорий больниц, административных и офисных зданий, строений, парков культурно-исторического наследия должно отвечать требованиям, которые учитываются студентами при выполнении проектов.

Современные тенденции в градостроительстве (рост и уплотнение застройки городского пространства) вытесняют места комфортного отдыха человека, тем самым пагубно сказываются на здоровье населения города (шум, пыль и агрессивная городская среда). Требуется увеличение зеленых благоустроенных городских пространств. Активное мышление студентов, позволяет разработать множество проектов, касающихся данной тематики, предложить их городским службам на реализацию. Озеленение должно проводиться по научно обоснованным принципам и нормативам. Предусматривается равномерное размещение среди застроек садов, парков и других крупных зеленых массивов с бульварами, набережными, озелененными полосами между собой и связанными с пригородными лесами.

Получение навыков проектной деятельности, самостоятельного применения приобретенных знаний и способов действий при решении различных задач, используя знания одного или нескольких дисциплин, особенно, таких как ландшафтное проектирование, строительство и содержание объектов ландшафтной архитектуры дает студентам, обучающимся по направлению подготовки ландшафтная архитектура, преимущество. Все навыки проектирования они получают при освоении данных дисциплин, при выполнении практических работ.

Профессиональные компетенции, сформулированные для направления ландшафтная архитектура, опираются на современный опыт и требования профессионалов, специализирующихся в области садово-паркового и ландшафтного строительства. Задача данного направления – стимулировать интерес обучающихся к определенным проблемам региона, города, района. Участие в разработке проектных решений по функциональному зонированию, планировочной организации и

благоустройству объектов ландшафтной архитектуры, других природных территорий, предназначенных для рекреационного использования – это прямые задачи выпускников. Выполнение бакалаврской работы преследует целью итоговое практическое представление студентом накопленных знаний и умений в форме проекта.

В современном обучении важен процесс индивидуализации профессиональной подготовки. Необходимо, чтобы обучающийся эффективно использовал потенциал образовательного пространства для самоопределения и самореализации. Данные условия создаются преподавателем с учетом активности, мотивации и способностей студентов. Исследовательская и проектная работа как совместный вид деятельности, создают условия для проявления творческих и профессиональных компетенций обучающихся. Особенно актуально это для студентов, обучающихся по направлению подготовки Ландшафтная архитектура.

ЛИТЕРАТУРА

1. Консультации: метод проектов / В. В. Гузев [и др.] // Педагогические технологии. – 2007. – № 7. – С. 105–114.
2. Калиновская, Т. Г. Научно-исследовательская работа студентов как фактор развития творческой активности / Т. Г. Калиновская, С. А. Косолапова, А. В. Прошкин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 1. – С. 75–78.
3. Торгашина, Т. И. Научно-исследовательская работа студентов педагогического вуза как средство развития их творческого потенциала: дис. ... канд. пед. наук / Т. И. Торгашина. – Волгоград, 1999. – 209 с.
4. Матяш, Н. В. Инновационные педагогические технологии. Проектное обучение: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / Н. В. Матяш. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 144 с.
5. Модернизация педагогического образования: сб. научн. тр. Междунар. форума / под ред. Р. А. Валеевой. – Казань: Изд-во «Бриг», 2015. – 395 с.
6. Фомина, Н. В. Реализация профессионального экологического образования в вузе / Н. В. Фомина // Профессиональное самоопределение молодежи инновационного региона: проблемы и перспективы. – Красноярск, 2017. – С. 203–205.
7. Fomina, N. V. Modern methodological approaches to environmental education at the university / N.V. Fomina // Journal of Physics. – 2020. – Conference Series 1691 012148.

Секция 6. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ, ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

УДК 631.821.1:631.445.2:631.582

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В КОРМОВОМ СЕВООБОРОТЕ

Ю. А. БЕЛЯВСКИЙ, канд. с.-х. наук, доцент

ГУ «Госпродпотребслужбы в Житомирской области»,
г. Житомир, Украина

Установлено, что в кормовом севообороте внесение извести для устранения вредной кислотности в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы в норме, рассчитанной по гидролитической кислотности, является недостаточным. Требуемая норма составляет 8–10 т/га CaCO₃.

Ключевые слова: известкование, почва, продуктивность, севооборот.

Наличие в зоне Полесья значительных площадей кислых почв, находящихся в интенсивном сельскохозяйственном использовании, и имеющаяся тенденция к их увеличению в последние годы обусловлена недостаточным количеством внесения известняковых материалов, что и привело к отрицательному сальдо баланса CaCO₃ в почве. Данная тенденция характерна, в первую очередь, для почв с низкой емкостью поглощения, которые имеют значительное недонасыщение основаниями, легкий гранулометрический состав, низкую кислотно-основную буферность в кислотном интервале, а также невысокое содержание гумуса.

Важным фактором повышения продуктивности культур в кормовом севообороте на кислых дерново-подзолистых почвах является их известкование. Кальций, являясь биогенным элементом, регулирует кислотно-основное равновесие почвенного раствора и способствует закреплению свежобразованного гумуса. Умеренные нормы внесения CaCO₃ благоприятно воздействуют на почвенную структуру. Кальций и магний, находящиеся в почвенном поглощающем комплексе и в почвенном растворе, в значительной степени определяют формы соединений многих макро- и микроэлементов. В свою очередь высокие уровни накопления CaCO₃ часто приводят к ухудшению физических и физико-механических свойств почвы – цементируют почвенную массу и блокируют подвижность и доступность многих микроэлементов.

Д. С. Орлов указывает на необходимости пересмотра принятых понятий, связанных с природой потенциальной кислотности почв и рас-

четом доз внесения извести для устранения вредной кислотности почв по показателям ее гидролитической составляющей.

В задачу наших исследований входило выявление оптимальных норм внесения извести для оптимизации физико-химических свойств почвы и повышения продуктивности культур кормового севооборота на фоне умеренных норм органических и минеральных удобрений.

Схема опыта и характеристика почвенного участка опубликованы ранее [3, 4]. В соответствии с полученными аналитическими данными был произведен расчет количества извести, необходимой для устранения вредной кислотности. Норма внесения извести, рассчитанная по методике, в основу которой положено значение гидролитической кислотности, составила 3,6 т/га CaCO_3 , по методике [5] – 3,1 т/га.

Обоснование эффективных норм использования известковых материалов базируется на понимании механизмов взаимодействия извести с почвенным поглощающим комплексом кислых почв, ведущих к снижению различных форм кислотности, а также соотносится с биологическими особенностями культур севооборота.

Исследования выполняли в кормовом севообороте со следующим чередованием культур: люцерна 1-го года, люцерна 2-го года, люцерна 3-го года, кукуруза на силос, озимая пшеница. Известкование почвы было проведено перед посевом люцерны 1-го года [3]. В пахотный слой вносили от 2,0 т/га до 10 т/га CaCO_3 (таблица).

Урожай сена люцерны и вынос кальция и магния надземной массой растений

Вариант опыта	Урожай сена, ц/га		Вынос урожая, среднее за 2015–2016 гг., кг/га	
	2015 г.	2016 г.	CaO	MgO
Контроль (без удобрений)	34,6	52,6	62,5	11,3
2 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	89,4	90,4	129,5	23,4
4 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	92,7	101,3	139,7	25,2
6 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	121,1	130,8	181,4	32,6
8 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	123,8	132,4	184,5	33,3
10 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	145,3	156,6	217,4	39,3
6 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15} + 1$ кг/га Mo	128,2	134,8	189,4	34,2
6 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15} + 2$ кг/га Mo	131,8	145,4	199,6	36,0
8 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30} + 1$ кг/га Mo	144,2	160,1	219,0	39,5
8 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30} + 2$ кг/га Mo	144,0	166,4	223,5	40,4
НСП ₀₅	6,92	7,46	–	–

Интервал варьирования норм извести по вариантам опыта составлял 2,0 т/га CaCO_3 . Известно, что оптимальная реакция почвенной среды для люцерны колеблется в пределах 7,0–8,0 ед. рН. Кроме того, корневая система этого растения достигает трехметровой глубины. Следовательно,

но, возникает необходимость регулировать реакцию почвенной среды не только в пахотном слое почвы, но и в более глубоких генетических горизонтах.

Для люцерны первого года посева необходимо было создать реакцию почвенной среды пахотного слоя равную 7,5 ед. рН. По нашим расчетам для этих целей следовало бы внести 3,8–4,0 CaCO₃ т/га. Кроме того, такую же реакцию среды следовало бы обеспечить и для нижележащих горизонтов почвенного профиля. В научной литературе существуют многочисленные данные [1, 2 и др.], свидетельствующие о том, что коэффициент использования извести, норма которой рассчитывалась по гидролитической кислотности, в пахотном слое не превышает 0,51–0,55.

Представленные в таблице урожайные данные сена люцерны и сведения о выносе кальция и магния надземной массой этой культуры в зависимости от норм внесения извести по вариантам опыта, свидетельствуют о широком диапазоне варьирования указанных показателей. Наиболее высокий урожай сена люцерны получен на вариантах с внесением 8–10 т/га CaCO₃ на фоне N₁₅P₁₅K₁₅ 5 + 1–2 кг/га Mo.

Часть катионов кальция в зависимости от биологической активности почвы, влияющей на интенсивность продуцирования CO₂, нейтрализуется последней и опять превращается в CaCO₃. Снижение полноты использования извести на устранение вредной кислотности и обеспечение потребностей кальция для растений, в зависимости от свойств почвы и культур севооборота, варьирует в пределах 5–20 %.

В результате вымывания ежегодные потери кальция и магния, в зависимости от свойств почвы, форм рельефа и характера растительного покрова, могут варьировать в достаточно широких пределах – от 75–646 кг/га до 50–147 кг/га [1]. В условиях Житомирской области ежегодные потери этих элементов на дерново-подзолистой супесчаной почве составляют 320–370 кг/га и 64–66 кг/га соответственно [5].

В заключение следует отметить, что в кормовом севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве при трехлетнем выращивании люцерны внесение извести в норме, рассчитанной по гидролитической кислотности, не обеспечивает получение максимального выхода сена этой культуры. Лучшим вариантом оказалось внесение извести под люцерну первого года посева в количестве 8–10 т/га CaCO₃ на фоне применения N₁₅P₁₅K₁₅ + 1–2 кг/га Mo.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивных-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство / под ред. В. И. Кирюшина и А. Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 84 с.

2. Аканова, Н. И. Изменение агрохимических свойств дерновий-подзолистых почв при систематическом применении минеральных удобрений в сочетании с известкованием / Н. И. Аканова // Вопросы известкования почв / под ред. И. А. Шильникова, М. И. Акановой. – М.: Агроконсалт, 2002. – С. 11–18.

3. Надточий, П. П. Оптимизация физико-химических свойств дерново-подзолистой почвы в кормовом севообороте // П. П. Надточий, Ю. А. Белявский, Ф. А. Вышнинский // Вісник ЖНАЕУ. – 2015. – Т. 1, № 2 (50). – С. 29–39.

4. Надточий, П. П. Белявский Ю.А. Оптимизация физико-химических параметров дерново-подзолистых почв Полесья Украины / П. П. Надточий, Ю. А. Белявский // Агро-экологические аспекты устойчивого развития АПК: мат. XII Междунар. науч. конф. / Брянск: Изд.-во Брянского ГАУ, 2015. – С. 255–257.

5. Экология почвы: монография / Т. Н. Мыслыва [и др.]. – Житомир: Издательство «Евенок А. А.», 2018. – 515 с.

УДК 631.8:633.174.1:631.445.24(476-18)

ПРИМЕНЕНИЕ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПОСЕВОВ СОРГО САХАРНОГО В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Е. А. БЛЮХИНА, канд. с.-х. наук

ООО «АгроХимАльянс»,
г. Минск, Республика Беларусь

В статье представлены результаты исследований применения макро-, микроудобрений и регулятора роста эпин на урожайность и качество (содержание протеина, жира, клетчатки, золы и сахара) зеленой массы промежуточных посевов сорго сахарного.

Ключевые слова: сорго, урожайность, сухое вещество, протеин, сахар.

Исключительно важное место в кормовом балансе занимают зеленые и сочные корма, дополнительным источником которых могут служить посевы поукосных и пожнивных культур, дающие значительное количество кормовой продукции. Целесообразность таких посевов – в возможности использовать их урожай во второй половине лета и в начале осени, когда поступление зеленых кормов с весенних посевов резко сокращается. Они также способствуют снижению засорения полей, предохранению почвы от водной и ветровой эрозии.

Сорго способно экономно расходовать влагу и как нельзя лучше подходит для промежуточных посевов. Чаще всего в качестве поукосной культуры сорго высевают после различных бобово-злаковых и других рано убираемых смесей на сено, зеленый корм и силос.

Обладая мощной корневой системой, сорго может формировать удовлетворительные урожаи зеленой массы за счет почвенного плодородия. Однако для максимальной реализации потенциала продуктивности культуры необходимо применение минеральных удобрений. Очень

важно наличие доступных элементов питания в почве, особенно фосфора, в период образования корневой системы. Максимальный период потребления азота растениями сорго отмечается в фазе интенсивного роста растений – за 10 дней до начала выметывания и 10 дней после цветения. Активное поглощение фосфора корнями сорго начинается с первых дней вегетации. К фазе выметывания растения усваивают около 50 % общего количества P_2O_5 , в то время как к этому времени они создают не более 30–32 % сухой органической биомассы. Что же касается калия, то его поглощение происходит относительно равномерно на протяжении всего вегетационного периода [2, 3].

Применение микроэлементов в системе удобрения сельскохозяйственных культур способствует повышению эффективности минеральных удобрений, прежде всего азотных. Однако имеющихся в литературе сведений о влиянии микроэлементов на урожайность и качество продукции сорго недостаточно.

В связи с этим экспериментальное решение вопросов, касающихся условий питания сорго, является весьма актуальным и позволит разработать научно обоснованную систему удобрения поздних посевов сахарного сорго для более полной реализации возможностей этой культуры.

Целью исследований являлось изучение влияния различных доз макроудобрений и применяемых на их фоне микроудобрений на урожайность и качество зеленой массы промежуточных посевов сорго сахарного в условиях дерново-позолистой почвы северо-востока Беларуси. Для этого в 2012–2014 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» были заложены полевые опыты с гибридом сорго сахарного Славянское приусадебное. Почва опытных участков дерново-подзолистая, обычная, среднекультуренная, легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 120 см моренным суглинком. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы до закладки опыта следующие: гумус – 1,65–1,67 %; pH_{KCl} – 6,4–6,5; P_2O_5 – 181–190; K_2O – 185–189 мг/кг почвы (индекс окультуренности 0,7).

Обработка почвы общепринятая для зерновых культур. Азотные удобрения вносились в дозе 60, 80 и 100 кг/га д. в., фосфорные – в дозе 40 и 60 кг/га д. в. на фоне K_{120} . В опытах использовали карбамид (46 % N), аммофос (10 % N, 46 % P_2O_5), хлористый калий (KCl).

Посев проведен навесной сеялкой «RAU», ширина междурядий 30 см, глубина заделки семян 4 см, норма высева – 14 кг/га. Срок посева: первая (01.07.) декада июля. В фазу начала кущения проведена некорневая подкормка посевов сорго однокомпонентными микроэлементами в хелатной форме (Cu, Zn) в дозе 50 г/га д. в. и регулятором роста (эпин) в дозе 200 мл/га.

К уборке растения сорго достигли фазы начала выметывания. Уборка посевов проводилась комбайном «Полесье-3000» 1 октября.

В результате исследований установлено, что применение макро- и микроудобрений, а также обработка посевов эпином способствовали повышению урожайности зеленой массы сорго сахарного и улучшению ее качества.

В варианте без применения удобрений (контроль) урожайность зеленой массы сорго составила 37,6 т/га, сухого вещества – 6,1 т/га. Внешение минеральных удобрений позволило увеличить эти показатели на 12,6–18,9 и 2,3–3,4 т/га соответственно. При обработке посевов микроэлементами и регулятором роста отмечено достоверное повышение урожайности зеленой массы в варианте N₁₀₀P₄₀K₁₂₀+ Cu+Zn+эпин (5,3 т/га). Прирост урожайности сухого вещества наблюдался во всех вариантах и составил 0,5–1,5 т/га (таблица).

Урожайность и качество биомассы сорго сахарного в зависимости от условий питания (среднее за 2012–2014 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га		Сырой				Сахар, %	Выход к. ед./га
	зеленой массы	сух. в-ва	протеин, %	жир, %	клетчатка, %	зола, %		
Контроль	37,6	6,1	7,4	1,3	28,2	5,7	6,8	4140,4
N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	50,2	8,4	8,2	1,4	27,8	4,9	6,7	5953,2
N ₈₀ P ₄₀ K ₁₂₀	55,0	8,9	9,8	1,2	27,3	5,9	11,1	6274,2
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₂₀	53,3	8,4	10,1	1,3	26,4	6,8	8,5	5994,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	52,0	8,4	9,2	1,4	29,7	7,2	7,2	5436,5
N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀	56,0	9,0	9,8	1,6	28,5	7,4	8,8	6064,5
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₂₀	56,5	9,5	11,0	1,7	27,1	6,8	8,8	6771,8
N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Cu+Zn+ эпин	50,1	9,1	9,0	1,8	27,1	7,8	7,9	6266,5
N ₈₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Cu+Zn+ эпин	55,1	9,5	10,3	1,4	27,3	6,3	11,8	6695,9
N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₂₀ + Cu+Zn+ эпин	58,4	9,9	10,4	1,3	27,3	6,1	9,3	7047,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Cu+Zn+ эпин	52,0	9,1	8,9	1,4	28,5	8,2	7,5	5946,8
N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Cu+Zn+ эпин	57,0	9,8	9,7	1,7	28,2	6,9	10,4	6675,4
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Cu+Zn+ эпин	57,9	10,4	11,4	1,8	28,2	7,2	10,6	7187,5
НСР _{0,05}	1,86		0,59	0,16	0,92	0,37	0,51	

Содержание в зеленой массе корма сырого протеина является одной из основных его характеристик. В растительных кормах содержание сырого протеина зависит от срока уборки растений и доз вносимых азотных удобрений. Сырой жир является источником энергии, образования жирных кислот, носителем жирорастворимых витаминов. Содержание его в сухом веществе большинства кормов не превышает 4 % [1]. Содержание сырого жира в растениях зависит в основном от их генетических свойств, оно может увеличиваться с возрастом растений в результате накопления восков [2]. В наших исследованиях применение минеральных удобрений привело к увеличению содержания протеина и жира в биомассе (на 0,6–3,6 и 0,3–0,4 % соответственно) в сравнении с контролем. Обработка посевов микроэлементами и эпином не привела к улучшению данных показателей, либо улучшила незначительно, кроме варианта с минимальными дозами азота и фосфора.

Сырая клетчатка играет в рационах животных роль источника энергии. В сухом веществе рационов для крупного рогатого скота оптимальное содержание сырой клетчатки составляет 20–27 % [1]. В контрольном варианте содержание клетчатки выше оптимального на 1,2 %. Внесение удобрений позволило снизить этот показатель в вариантах с минимальной дозой фосфора (40 кг/га д. в.) и приблизить его к оптимальному значению. Применение микроэлементов и регулятора роста в большинстве вариантов оказало незначительное влияние на содержание клетчатки. О количестве минеральных веществ в корме можно судить по содержанию золы в сухом веществе растений. Применение макроудобрений положительно повлияло на поглощение растениями элементов минерального питания, поскольку практически во всех вариантах отмечено существенное (на 0,4–2,5 %) увеличение содержания золы в зеленой массе.

Среди БЭВ специально определяют, особенно в предназначенных для силосования кормах, содержание сахаров, представляющих собой углеводы с высокой растворимостью в воде и способностью к кристаллизации (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, аминсахара). Большое содержание сахаров очень важно для протекания правильного процесса консервирования кормов. Если содержание сахара в кормах высокое, то корма хорошо силосуются [1, 4]. Внесение минеральных удобрений позволило увеличить содержание сахаров в образцах на 1,7–4,3 %. В вариантах с применением микроэлементов и регулятора роста содержание сахаров повысилось на 0,7–1,8 % в сравнении с вариантами без использования данного агроприема.

Наряду с определением сбора обменной энергии при оценке энергетической эффективности целесообразно рассчитывать выход кормовых единиц с гектара. В нашем случае применение минеральных удобрений привело к увеличению данного показателя на 1296,1–2631,4 к. ед./га. Обработка посевов микроэлементами и эпином позволила увеличить выход кормовых единиц еще на 313,3–1053,2 к. ед./га.

Применение макро- и микроудобрений в промежуточных посевах сорго сахарного способствует повышению урожайности зеленой массы и улучшению ее качества. Оптимальным для культуры было внесение $N_{100}P_{60}K_{120} + Cu + Zn + \text{эпин}$ (урожайность зеленой массы составила 57,9 т/га, сухого вещества 10,4 т/га, содержание протеина 11,4 %, жира 1,8 %, клетчатки 28,2 %, золы 7,2 %, сахара 10,7 %, выход кормовых единиц с 1 га 7187,5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. Зооинженерный факультет. Химический состав кормов [Электронный ресурс]. – М., 2014. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/ximicheskij-sostav-kormov/> – Дата доступа: 07.11.2021.
2. Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. Зооинженерный факультет. Особенности минерального питания сорго [Электронный ресурс]. – М., 2013. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/osobennosti-mineralnogo-pitaniya-sorgo/>. – Дата доступа: 08.11.2021.
3. Персикова, Т. Ф. Влияние условий питания и сроков сева на продуктивность и качество зеленой массы сорго зернового в условиях северо-востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, Е. А. Блохина / Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / Рязан. гос. аграрно-технолог. ун-т; под ред. Н. В. Бышова. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2013. – С. 644–649.
4. Кузнецов, И. П. Химический состав сорго в зависимости от срока посева, ширины междурядий и срока уборки / И. П. Кузнецов // Кукуруза и сорго. – 2006. – № 6. – С. 22–24.

УДК 635.74:631.84

НОВЫЕ ВИДЫ АГРОМЕЛИОРАНТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор,
Т. В. САЧИВКО, канд. с.-х. наук, доцент,
М. П. АКУЛИЧ, ст. преподаватель,
Н. В. УЛАХОВИЧ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Приведены результаты исследований по влиянию сапонитсодержащих базальтовых туфов на урожайность овощных, пряно-ароматических и эфирно-масличных культур.

Ключевые слова: сапонитсодержащие базальтовые туфы, фасоль овощная, пажитник голубой, базилик обыкновенный, укроп пахучий.

На юго-западе Республики Беларусь обнаружены залежи базальтового сырья, которое в ближайшей перспективе планируется

вовлечь в хозяйственный оборот. В геологическом разрезе базальтам сопутствуют сапонитсодержащие базальтовые туфы, основой которых является глинистый минерал сапонит $(Ca_{0,5}, Na)_{0,3}(Mg, Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2 \cdot 4H_2O$ [2, 4, 5].

В агробиоценозах сапонитсодержащих базальтовых туфов предлагается применять в качестве магнийсодержащего агромелиоранта (содержание MgO – 6,53–9,87 %) [1–4].

Исследования по изучению агрономической эффективности применения сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании различных видов сельскохозяйственных культур проводили в полевых опытах в условиях дерново-подзолистой суглинистой почвы в Горецком районе Республики Беларусь на протяжении 2017–2021 гг.

Исследуемые культуры – фасоль овощная (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Чыжовенка, пажитник голубой (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) сорта Росвіт, базилик обыкновенный (*Ocimum basilicum* L.) сорта Володар, укроп пахучий (*Anethum graveolens* L.) сорта Грибовский.

В результате исследований установлено, что применение сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозах по магнию Mg_{20–60} оказало определенное влияние на урожайность и качество изучаемых сельскохозяйственных культур (таблица).

Эффективность применения сапонитсодержащих базальтовых туфов на дерново-подзолистой суглинистой почве

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га		Сырой протеин, %
		контроль	фон	
1	2	3	4	5
Фасоль овощная (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), бобы				
Без удобрений	169	–	–	15,6
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	250	81	–	16,2
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Mg ₈	262	93	12	16,4
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Mg ₂₀	260	91	10	16,3
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Mg ₄₀	269	100	19	16,4
N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Mg ₆₀	271	102	21	16,4
НСР ₀₅	12			0,7
Пажитник голубой (<i>Trigonella caerulea</i> (L.) Ser.), зеленая масса				
Без удобрений	118	–	–	18,1
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ – фон	152	34	–	18,8
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₈	160	42	8	18,6
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₂₀	164	46	12	18,9
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₄₀	173	55	21	19,2
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₆₀	178	60	26	18,7
НСР ₀₅	7			0,9
Укроп пахучий (<i>Anethum graveolens</i> L.), зеленая масса				
Без удобрений	109	–	–	19,4
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀ – фон	134	25	–	21,9
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀ + Mg ₈	144	35	10	22,5

1	2	3	4	5
$N_{60}P_{50}K_{80} + Mg_{20}$	146	37	12	21,4
$N_{60}P_{50}K_{80} + Mg_{40}$	148	39	14	21,9
НСП ₀₅	6			0,9
Базилик обыкновенный (<i>Ocimum basilicum</i> L.), зеленая масса				
Без удобрений	148	–	–	14,3
$N_{60}P_{40}K_{70}$ – фон	216	68	–	15,1
$N_{60}P_{40}K_{70} + Mg_8$	227	79	11	15,2
$N_{60}P_{40}K_{70} + Mg_{20}$	232	84	16	15,2
$N_{60}P_{40}K_{70} + Mg_{40}$	239	91	23	15,4
НСП ₀₅	10			0,7

При возделывании фасоли овощной и пажитника голубого, которые относятся к бобовым овощным культурам, лучшая агрономическая эффективность получена при внесении сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе по магнию Mg_{40} на фоне НРК.

Прибавка урожая бобов фасоли овощной в фазу технологической спелости составила 19 ц/га при общей урожайности бобов 269 ц/га и содержании сырого протеина 16,4 %.

Урожайность зеленой массы пажитника голубого в варианте с внесением Mg_{40} на фоне НРК увеличилась на 21 ц/га при общей урожайности зеленой массы 173 ц/га и содержании сырого протеина 19,2 %.

При возделывании укропа пахучего и базилика обыкновенного применение сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе по магнию Mg_{20} на фоне НРК способствовало существенному увеличению урожайности зеленой массы на 12 ц/га (укроп пахучий) и 16 ц/га (базилик обыкновенный) при общей урожайности зеленой массы соответственно 146 и 232 ц/га и содержании сырого протеина 21,4 и 15,2 %.

Увеличение дозы сапонитсодержащих базальтовых туфов до Mg_{40} на фоне НРК не приводило к существенному увеличению урожайности зеленой массы базилика обыкновенного и укропа пахучего в сравнении с внесением Mg_{20} . Некорневая обработка посевов изучаемых растений сульфатом магния (Mg_s) по своей агрономической эффективности находилась на уровне применения сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе по магнию Mg_{20} . Предпосевное применение полного минерального удобрения обеспечило дополнительный сбор бобов фасоли овощной 81 ц/га, зеленой массы пажитника голубого – 34 ц/га, зеленой массы укропа пахучего – 25 ц/га, зеленой массы базилика обыкновенного – 68 ц/га (19–32 % общей урожайности).

Таким образом, применение сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозах по магнию Mg_{20-40} на фоне НРК обеспечило повышение урожайности товарной продукции фасоли овощной, пажитника голубого, базилика обыкновенного и укропа пахучего на 7–12 %.

Новые виды агромелиорантов могут быть использованы в агробиоценозах в качестве местных видов агромелиорантов при возделывании бобовых овощных, пряно-ароматических и эфирно-масличных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение агромелиорантов при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.] // Овощеводство. – 2021. – Т. 29. – С. 6–14.
2. Применение агромелиорантов при возделывании сельскохозяйственных культур: рекомендации / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – 18 с.
3. Романов, Е. М. Применение водной суспензии сапонита на дерново-слабо-подзолистой супесчаной окультуренной почве в качестве мелиоранта / Е. М. Романов, Е. Н. Наквасина, Е. Н. Косарева // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 8. – С. 9–17.
4. Сапонитсодержащие базальтовые туфы – перспективное силикатное и агрохимическое сырье / Г. Д. Стрельцова [и др.] // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья. – Минск: Беларуская навука, 2016. – Т. 1. – С. 565–569.
5. Hydrothermal alteration of the Ediacaran Volyn-Brest volcanics on the western margin of the East European Craton / J. Šrodoň [et al.] // Precambrian Research. – 2019. – Nr. 325. – P. 217–235.

УДК 631.024

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

В. В. БУТЯЙКИН, доцент, канд. с.-х. наук, доцент,
И. И. ГОРЮНОВА, магистрант

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева»,
г. Саранск, Российская Федерация

В статье рассматривается влияние антропогенных факторов на групповой состав фосфатов дерново-подзолистых почв Республики Мордовия Российской Федерации.

Ключевые слова: почва, валовой фосфор, органический фосфор, окультуривание.

Одной из важных задач современного земледелия является создание в почвах оптимального фосфатного уровня, обеспечивающего формирование высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [1, 2].

Исследователями установлено, что систематическое применение удобрений на всех видах почв увеличивает валовое содержание фосфора в пахотном слое, а также запасы его усвояемых соединений и доступность культурным растениям. При этом фосфор удобрений переходит в почве в химические соединения, характерные для данного типа почвообразования. Содержание фосфора, распределение его форм в почвах носит зональный и подзональный характер и связан как с геологическими процессами, так и с преобразованием современных

почв под влиянием различных факторов, в том числе антропогенных. Установлено, что изучая фосфатный режим почв Среднего Поволжья, установили, что длительное сельскохозяйственное использование почв региона оказывает существенное влияние на фосфатный режим, что выражается в изменении валовых количеств фосфора и его группового состава, накоплении всех соединений фосфора в пахотном слое почв. В подпахотном же горизонте запасы фосфора изменяются незначительно. Органический фосфор в пахотном слое почв колеблется в широких пределах и зависит от содержания гумуса и его группового состава. [3].

В связи с этим нами были проведены исследования по выявлению антропогенных факторов на групповой состав дерново-подзолистых почв Теньгушевского района Республики Мордовия Российской Федерации.

Для характеристики фосфатного режима почв определены: валовой фосфор – по К. Е. Гинзбург и др. (ГОСТ 26261-84), органический фосфор по разности между валовым и минеральным фосфором.

Результаты исследований показали, что целинная почва (разр. 1) содержит валовой фосфор в верхних горизонтах 30 мг/100 г почвы, а на пашне хозяйства (разр. 2) этот показатель равен 71,6 мг/100 г почвы, отличаясь в нижних горизонтах незначительно, внесение больших доз органических удобрений в почву приусадебного участка (разр. 83) увеличило содержание валового фосфора не только в гумусовом горизонте, но и по всему профилю, количество которого в верхних горизонтах колеблется в пределах 76,8–78,1 мг/100 г почвы, варьируя вниз по профилю во всех разрезах в диапазоне 13–17,6 мг/100 г почвы. В почве приусадебного участка (разр. 3) на глубине 60–70 см наблюдается накопление валового фосфора, видимо связанное не только с внесением органических удобрений, но и с физико-химическими свойствами почвы, в частности с содержанием физической глины.

Как показывают данные таблицы, накопление и соотношение органических и минеральных фосфатов в почвах также неодинаково.

В верхних горизонтах оно колеблется в широких пределах, причем, чем выше содержание валового фосфора, тем ниже доля органических фосфатов. Это обусловлено преимущественным накоплением минеральных фосфатов при интенсивном применении фосфорных удобрений, с чем и связано обогащение пахотных почв фосфором, для всех исследуемых почв характерно, что количество органического фосфора, как и гумуса, постепенно убывает с глубиной.

Групповой состав фосфатов дерново-подзолистых почв

Горизонт	Глубина, см	Валовой фосфор, мг-100 г	Органический фосфор		Минеральный фосфор	
			мг/100 г	% от валового	мг/100 г	% от валового
Дерново-подзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях целинная, разрез 1						
A ₀	0–3	30,0	9,0	30	21,0	70
A ₁	3–10	27,0	7,0	26	20,0	74
A ₁ A ₂	10–20	25,0	5,0	20	20,0	80
A ₂	20–30	20,0	2,0	10	18,0	90
A ₂ B	40–50	18,0	2,0	11	16,0	89
B	50–60	18,0	2,0	11	16,0	89
BC	90–100	15,2	1,2	8	14,0	92
C	140–150	13,0	1,0	8	12,0	92
Дерново-подзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях хорошо окультуренная, разрез 2						
A ₁	0–10	71,6	18,6	26	53,0	74
A ₁ A ₂	10–20	74,3	19,3	28	55,0	74
A ₂	20–30	31,6	7,6	14	24,0	76
A ₂ B	40–50	20,0	2,0	10	18,0	90
B	50–60	20,0	2,0	10	18,0	90
BC	90–100	17,4	1,4	8	16,0	92
C	140–150	14,0	1,0	8	13,0	92
Дерново-подзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях хорошо окультуренная, разрез 3						
A ₁	0–10	76,8	33,0	44	43,0	56
A ₁ A ₂	10–20	78,1	29,7	38	48,4	62
A ₂	20–30	67,6	21,6	32	46,0	68
B	40–50	24,9	5,5	22	19,4	78
BC	50–60	30,0	6,0	20	24,0	80
BC	90–100	21,2	3,0	14	18,2	86
C	140–150	17,6	1,6	9	16,0	91

Таким образом, результаты исследований и анализ литературных данных свидетельствует о многостороннем воздействии антропогенных факторов на фосфатный режим дерново-подзолистых почв. Внешение органических и минеральных удобрений существенно может изменить групповой состав фосфатов верхних слоев и горизонтов почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Продуктивность полевого севооборота, фосфатный и калийный режим дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / Э. А. Бабарина [и др.]. // Агрохимия. – 1991. – № 2. – С. 22–29.
2. Трансформация фосфора минеральных удобрений в дерново-подзолистой почве / В. Н. Ефимов [и др.]. // Почвоведение. – 1994. – № 10. – С. 86–92.
3. Войкин, Л. М. Формы фосфатов в лесостепных почвах Горьковской области / Л. М. Войкин, В. А. Романов, Н. Н. Горохова // Агрохимия. – 1971. – № 3. – С. 39–43.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. И. ВОЛОДИНА, д-р с.-х. наук, профессор,
М. В. ШЛАПАКОВА, аспирантка,
В. Н. ГОРОДУЩЕНКОВА, Е. С. ЕРШОВА, студенты

ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА»,
г. Великие Луки, Российская Федерация

Представлены результаты трехлетних исследований (2017–2019 гг.) влияния различных систем удобрения на урожайность и качество урожая. Установлена высокая эффективность применения удобрений как в действии, так и в последствие удобрения. Наибольшая прибавка урожая получена в варианте с органоминеральной системой удобрения по всем культурам и колебалась от 17,09 т/га на картофеле до 1,2 т/га на ячмене. Наилучшие показатели качества получены в вариантах с органоминеральной системой удобрения.

Ключевые слова: системы удобрения, продуктивность, урожайность, качество.

Псковская область благодаря своим природно-климатическим условиям представляет регион высокой эффективности удобрений, так как большинство же из них характеризуется низким и средним уровнем плодородия. Интенсивное применение мелиоративных и агрохимических средств в период 1965–1991 гг. способствовало улучшению состава и свойств дерново-подзолистых почв, которые составляют основу пахотного фонда Псковской области [2]. В последнее время применение агрохимических средств резко сократилось, что не могло не сказаться на агрохимических показателях дерново-подзолистой почвы и их продуктивности.

Уровень применения минеральных и органических удобрений в севообороте является одним из наиболее важных факторов, определяющих его продуктивность и агрохимические показатели почвенного плодородия [5]. Сложившаяся в последние годы тенденция на уменьшение объема применения минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве определила необходимость научного поиска и разработки ресурсосберегающих приемов, позволяющих получать планируемую урожайность сельскохозяйственных культур за счет повышения окупаемости удобрений и более эффективного использования достигнутого потенциала плодородия почв [2, 3].

В связи с этим возникла необходимость изучить эффективность различных видов удобрений и дать агроэкологическую оценку, через

продуктивность и качество продукции, что является весьма актуальным.

Задачи исследований: выявить наилучший вариант применения минеральных и органических удобрений через продуктивность сельскохозяйственных культур в севообороте; установить закономерности изменения химического состава и качественных показателей сельскохозяйственной продукции под влиянием различных систем удобрения.

Поставленные задачи осуществлялись путем постановки полевого опыта по изучению действия и последствия органических и минеральных удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур в 2016–2019 гг. Полевые опыты проводились на опытном поле Великолукской ГСХА «Майкино» Псковской области.

Полевой опыт заложен на дерново-слабоподзолистой, супесчаной почве. В 2016 г. был заложен опыт по следующей схеме: 1. Без удобрений; 2. Навоз 70 т/га; 3. Навоз 70т/га + $N_{120}P_{90}K_{120}$; 4. $N_{120}P_{90}K_{120}$.

Агрохимические показатели почвы опытного участка перед закладкой следующие: содержание гумуса 1,85–1,95 %; подвижных форм фосфора – 156 и калия – 134 мг/кг; pH_{KCl} – 5,3; Нг – 1,2 мг-экв/100 г почвы, S – 6,1 мг-экв/100 г; V 87 %. По классификации Л. Н. Благовидова почва относилась к среднеокультуренной.

Содержание фосфора и калия определяли (по Кирсанову); гумус по Турину (в модификации ЦИНАО); гидролитическая кислотность по Каппену; сумма обменных оснований по Каппену-Гильковицу. Отбор растительных образцов проводился с трех повторений. В них определялись: крахмал по Эверсу поляриметрическим методом; общий азот, фосфор и калий из одной навески после мокрого озоления по Гинзбург – Щегловой – Вульфус; сырой протеин – умножением содержания общего азота (в процентах) на соответствующий культуре переводной коэффициент; нитраты потенциметрическим методом на нитратометре. Результаты наиболее ответственных наблюдений и анализов обрабатывались дисперсионным методом и статистического анализа.

Опыт заложен в трехкратной повторности, общая площадь делянок – 28 м², учетная – 27,6 м². В опыте применялись следующие виды удобрений: минеральные – аммиачная селитра, суперфосфат двойной и хлористый калий; органические – навоз полуперепревший, все удобрения вносились под основную обработку почвы.

В опыте возделывались: озимая пшеница – сорт «Скипитер», картофель – сорт «Ред Скарлет», ячмень – сорт «Суздалец». Учет урожая проводился сплошным весовым методом и приведен в звене севооборота. Перед уборкой урожая отбирали растительные образцы для определения структуры и качества урожая.

Метеоусловия оказывают значительное влияние на эффективность удобрений. При обобщении 20-летних опытных данных, И. А. Иванов [2] пришел к выводу, что в условиях Северо-Запада лучшие урожаи и наибольшие прибавки их от удобрений обеспечиваются при метеоусловиях, близких к среднеголетним, или при небольшом отклонении в сторону засушливости [1]. В годы проведения исследований одним из самых засушливых оказались 2017, 2018 гг. и выпало всего 233 и 224 мм осадков при среднеголетнем значении 354 мм). Анализ метеоусловий по годам исследований показал, что температура воздуха и количество выпавших осадков в 2019 г. в первой половине вегетационного периода было ниже среднеголетней, а во второй половине количество осадков увеличилось и превышало среднеголетние данные.

Результаты исследований на культурах озимой ржи и ячменя показали, что наибольший эффект от внесения удобрений был получен в варианте с органоминеральной системой. Органоминеральная система удобрения способствовала увеличению продуктивной кустистости озимой гitybws и ячменя на 13,5 и 12,5 % соответственно.

Все системы удобрения оказали положительное влияние на массу 1000 зерен, которая увеличилась с 43–42 грамм на варианте без удобрений до 58–54 грамм на органоминеральном фоне питания.

Данные табл. 1 показали, что разница массы 1000 зерен у ячменя, между вариантами с органоминеральной и минеральной системой удобрения незначительна и составляет всего 3 г. В результате установлено, что общая урожайность по ячменю в опыте была сравнительно невысокая и составила 2,3 т/га на контрольном варианте, кроме того, на урожайность в данном году сказались засушливые условия года. Однако, полученные в этом году прибавки урожая были все достоверными и превышали НСР.

Результаты исследований показали, что при использовании различных систем удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве на всех культурах происходило увеличение продуктивности от применяемых удобрений.

Таблица 1. Влияние различных видов удобрений на структурные показатели урожая зерновых

Вариант	Количество зерен в колосе, шт.		Масса 1000 зерен, г	
	Озимая пшеница	Ячмень	Озимая рожь	Ячмень
Без удобрений	23	16	43	42
Навоз	27	17	51	45
Навоз +N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	32	19	58	54
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	30	18	55	51

Таблица 2. Урожайность сельскохозяйственных культур под влиянием различных систем удобрения

Фон	Озимая пшеница		Картофель		Ячмень	
	Урожайность, т/га	Прибавка т/га	Урожайность, т/га	Прибавка т/га	Урожайность, т/га	Прибавка т/га
Без удобрений	3,26	–	24,9	–	2,3	–
Навоз	4,58	1,32	33,1	8,92	2,8	0,5
Навоз +N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	5,33	2,07	41,2	17,04	3,5	1,2
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	5,13	1,87	33,0	8,40	3,0	0,7
НСР ₀₅		0,56		1,64		0,18

Анализируя обобщенные данные, представленные в табл. 2, можно отметить, что наибольшая прибавка получена при совместном внесении органоминеральной и минеральной системы удобрения, а прибавки составили на озимой ржи 2,07; картофеле 17,04 и на ячмене 1,2 т/га соответственно. На урожайность возделывавшихся культур влияние предшественника сглаживается и проявляется действие удобрений. Полученные в период исследования прибавки урожая были все достоверными и превышали НСР.

Прибавки от внесения только одних органических удобрений и их последствия оказались ниже по сравнению с органоминеральной системой удобрения. В данном случае это объясняется снижением эффекта от последствия навоза.

Исследованиями установлено, что внесение органических и минеральных удобрений благоприятно сказалось и на химическом составе и качестве сельскохозяйственных культур.

Данные, представленные в табл. 3, показывают, что увеличение содержания белка и сырого протеина.

Таблица 3. Влияние удобрений на содержание белка и протеина

Вариант	Содержание белка, %		Содержание протеина, %
	Озимая пшеница (зерно)	Ячмень (зерно)	Картофель (клубни)
Без удобрений	13,75	13,12	1,68
Навоз	14,68	15,00	1,80
Навоз + НПК	16,00	15,69	2,28
НПК	15,00	15,87	2,10
НСР _A	0,11	0,13	0,20

Наибольший интерес для заводской переработки картофеля представляет крахмал. Процент крахмала в клубнях непостоянен. Килограмм картофельных клубней одного и того же сорта, смотря по усло-

виям места и года, может содержать различное количество нитратов и крахмала (табл. 4).

Таблица 4. Влияние удобрений на содержание нитратов и сбор крахмала

Вариант	Содержание нитратов, мг/кг	Содержание крахмала, %	Сбор крахмала, ц/га
Контроль без удобрений	123	15,4	38,3
Навоз	103	16,4	54,2
Навоз + NPK	142	17,5	72,1
NPK	146	16,1	53,1
НСП ₀₅	26	0,28	
ПДК, мг/кг	250		

Результаты исследований показывают, что более высокое содержание крахмала получено по органической и органоминеральной системе удобрений и составило соответственно 16,4–17,5 %, а наибольшее содержание нитратов в варианте с минеральной системой удобрения – 146 мг/кг. Однако это количество не превышало ПДК. Наибольший сбор крахмала по фону составил в варианте с органической системой удобрений – 72,1 ц/га, что составляет прибавку в 33,8 ц/га или 88 % к контролю. По другим системам удобрений прибавка тоже была существенной и составила от 15,9 до 14,8 ц/га соответственно (табл. 4).

Наилучший урожай культур от удобрений получен на фоне с органоминеральной системой и составили: у картофеля 41,2 т/га; у ячменя 3,5, т у озимой пшеницы 5,33 т/га, а прибавка от удобрений достигала 68 %, 39 %, 63 % соответственно. Положительное влияние отмечено по содержанию белка и сырого протеина. Установлено на фоне с органоминеральной системой удобрения, где оно увеличение составило на 16–36 % относительно варианта без удобрений, на всех исследуемых культурах. Наибольшее содержание крахмала получено по органоминеральной системе удобрения и составило 17,5 %. По органической системе удобрения наблюдалось, самое низкое содержание нитратов, что составило 103 мг/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние различных систем удобрений на химический состав и качество сельскохозяйственных культур / Т. И. Володина [и др.] // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во «КубИК», 2010. – С. 166–167.
2. Кириллова, Г. Б. влияние расчетных доз удобрений на урожайность и качество картофеля / Г. Б. Кириллова, Ю. П. Жуков // Агрохимия. – 2005. – № 12. – С. 31–35.
3. Иванов, И. А. Почвы псковской области и их сельскохозяйственное значение / И. А. Иванов, В. П. Спасов, А. И. Иванов. – Великие Луки, 1998. – 264 с.
4. Минеев, В. Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В. Г. Минеев, Е. Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.
5. Лапа, В. В. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2002. – 20 с.

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В ЮЖНОМ ЗАУРАЛЬЕ

А. В. ВЬЮНИК, И. Н. ПОРСЕВ, С. Г. ДУНИЧЕВА

ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная
академия имени Т. С. Мальцева»,
г. Курган, Российская Федерация

*Изучена урожайность сортов гороха в условиях Южного Зауралья под влиянием минеральных удобрений. Применение минеральных удобрений, таких как мочевина, двойной суперфосфат и азофоска способствовало снижению заболевания растений гороха корневыми гнилями. Зараженность корней сортов гороха грибами рода *Fusarium* составила от 50 до 80 %. Среди грибов этого рода нами были выделены: *Fusarium oxysporum* Schltdl., *F. solani* Koord., *F. poae* (Peck) Wollenw., *F. sporotrichioides* и др. Наибольшая биологическая эффективность отмечена при применении азофоски ($N_{30}P_{30}K_{30}$), заболеваемость по отдельным сортам снизилась до уровня порога вредности.*

Ключевые слова: горох, сорт, минеральные удобрения, урожайность.

Специфика питания гороха обусловлена его биологическими особенностями: относительно коротким вегетационным периодом, слаборазвитыми корневой системой и надземной массой, что определяет его требовательность к достаточному содержанию в почве усвояемых форм питательных веществ. Чтобы сформировать урожай гороха на уровне 4,0 т/га, растения потребляют из почвы 240–260 кг азота, 48–50 кг фосфора и около 80 кг калия. Кроме того, они используют кальций, магний, железо, молибден, бор и другие питательные элементы. В жизненных процессах гороха особую роль играет азот, входящий в состав белков, хлорофилла, нуклеиновых кислот и других органических веществ. Применение фосфорных удобрений стимулирует рост корневой системы (особенно корневых волосков) и активность клубеньковых бактерий. Обеспеченность растений калием повышает их засухоустойчивость, устойчивость к заболеваниям, улучшает обмен веществ [1–5].

Опыт проводился на опытном участке Курганской ГСХА, согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989), повторность в опыте 4-кратная, размещение делянок рендомизированное. Предшественником гороха являлся пар. Срок посева: третья декада мая. Глубина посева семян – 5 см, норма высева – 1,0 млн. шт. на га. Минеральные удобрения: мочевину, двойной суперфосфат и нитроаммофоску вносили перед посевом гороха посевного. Технология обработки почвы перед посевом – культивация [1].

Определение фактической нормы высева, фенологические наблюдения, морфологический анализ растений, элементы структуры урожая [Методика государственного испытания сельскохозяйственных культур (1985). Методика опытного дела (Доспехов Б. А., 1985), Методические указания по диагностике фузариоза зернобобовых культур (1990). Учет корневых гнилей и микологический анализ органов растений гороха проводили общепринятыми методами [6].

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методами дисперсного и корреляционного анализов с использованием пакета прикладных программ Excel и SNEDECOR (Сорокин, 2004).

Данные по наличию питательных веществ в выщелоченном черноземе опытного участка приведены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание и запас питательных веществ в выщелоченном черноземе, Курганская ГСХА (по данным ФГБУ САС «Шаринская»)

Глубина отбора, см	N – NO ₃		P ₂ O ₅ (метод Чирикова)		K ₂ O (метод Чирикова)	
	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га
0–10	18,6	19,5	48	57,6	222	266,4
10–20	22,4	23,5	32	38,4	164	198,6
20–30	20,0	24,2	21	25,2	125	150
30–40	18,6	22,5	48	57,6	112	134,4
40–60	16,2	42,4	12	14,4	112	134,4
60–80	15,1	40,8	12	14,4	97	116,4
80–100	16,2	43,7	14	16,8	97	116,4

Из данных табл. 1 видно, что выщелоченные черноземы обладают хорошей обеспеченностью азотом, однако, содержание минерального азота в почве уменьшается в результате денитрификации, развивающейся в анаэробных условиях. При этом азот из нитратов восстанавливается микроорганизмами до свободного газообразного азота, который теряется из почвы, при этом растения испытывают недостаток усвояемого азота. Почва также мало содержит как валового, так и подвижного фосфора. Калием почва обеспечена хорошо. Нахождение в почве элементов питания N, P, K и доступность их растениям определяют не только свойства самой почвы, но также погодные условия и агротехнические приемы.

Вегетационный период 2018 г. был прохладным в первой половине лета и жарким в июле, августе, с количеством осадков в июне в пределах среднеголетних значений, что способствовало получению дружных всходов, в июле и августе осадков выпало меньше нормы, что отразилось на урожайности сортов гороха (ГТК – 1,0). Вегетационный период 2019 г. был холодным в июне и жарким в июле и августе, осадков в июне выпало 83 % от нормы, в июле 67 % от

нормы, осадки в 186 % от нормы выпали в августе, что повлияло на ход уборки гороха в августе.

Вегетационный период 2020 года был острозасушливым (ГТК-0,6). Жаркие июнь и июль с малым количеством осадков, в июне всего 12 % от месячной нормы, в июле 23 % от нормы, проявилась почвенная и воздушная засухи. Прошедшие осадки в августе не смогли повлиять на урожайность гороха. Сорта гороха в 2020 году снизили урожайность по сравнению с 2018 и 2019 годами в результате засухи.

Урожайность сортов гороха в условиях Южного Зауралья под влиянием минеральных удобрений изучена нами и проанализирована за вегетационные периоды 2018–2020 гг. (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сортов гороха под влиянием минеральных удобрений (Курганская ГСХА)

Сорт	Вариант	Урожайность, ц/га			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
Аксайский усатый 55	Контроль (без удобрений)	34,6	25,0	14,4	24,7
	N ₃₀	37,8	28,1	17,1	27,7
	P ₃₀	36,4	26,7	15,7	26,3
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	38,5	30,8	19,1	29,5
Агроинтел	Контроль (без удобрений)	23,8	19,5	13,1	18,8
	N ₃₀	26,4	22,8	15,6	21,6
	P ₃₀	25,0	21,2	14,4	20,2
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	31,8	25,4	17,2	24,8
Зауральский 3	Контроль (без удобрений)	25,8	23,2	14,7	21,2
	N ₃₀	28,1	26,7	17,9	24,2
	P ₃₀	27,0	24,6	16,3	22,6
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	32,4	28,0	19,4	26,6
Зауральский 4	Контроль (без удобрений)	22,8	18,8	13,2	18,3
	N ₃₀	25,9	21,9	16,2	21,3
	P ₃₀	23,7	20,0	14,7	19,5
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	28,7	23,9	18,4	23,7
Крепыш	Контроль (без удобрений)	17,7	15,6	12,2	15,2
	N ₃₀	20,5	18,7	14,9	18,0
	P ₃₀	18,9	17,2	13,5	16,5
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	22,6	20,6	16,6	19,9
Томас	Контроль (без удобрений)	18,2	15,5	13,6	15,8
	N ₃₀	20,9	19,0	17,0	19,0
	P ₃₀	19,3	17,1	15,4	17,3
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	23,8	20,9	18,8	21,2
Для частных различий НСР 0,95		0,9	0,7	0,5	
Для фактора А (сорт)		0,5	0,6	0,8	
Для фактора В (минеральные удобрения)		0,7	0,5	0,6	

Высокая урожайность зафиксирована в 2018 году на вариантах с сортами: Аксайский усатый 55, Агроинтел, Зауральский 3 и она колебалась от 38,5, 31,8, 32,4 ц/га соответственно. Однако в 2019 и 2020 гг. мы отметили тенденцию к уменьшению этого показателя, хотя эти сорта нами изучались с применением минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$. Считаем, что наибольшие показатели урожайности гороха получены именно при внесении полного набора элементов питания.

Анализ данных табл. 3 показал, что все сорта гороха были поражены корневыми гнилями выше ЭПВ (ЭПВ = 15 %). В 2018 году по сортам уровень развития корневой гнили варьировал с 45,6 % по сорту Агроинтел до 67,3 % по сорту Зауральский 4, при этом превышая порог вредоносности в 3,04–4,49 раза. В 2019 г. показатель развития корневой гнили в контроле по сортам был ниже, чем в 2018 г., что вполне возможно связано с условиями репродукции, да и колебания температур значительно повлияли на показатели заболевания. В 2020 г. на вариантах без применения удобрений мы получили значительное развитие корневой гнили на корнях и основании стебля гороха перед уборкой на сортах Агроинтел – 54 %, Крепыш – 51,1 %, Аксайский усатый 55–49,2 %, Зараженность корней сортов гороха грибами рода *Fusarium* составила от 50 до 80 %. Среди грибов этого рода нами были выделены: *Fusarium oxysporum* Schltdl., *F. solani* Koord., *F. poae* (Peck) Wollenw., *F. sporotrichioides* и др.

Таблица 3. Влияние минеральных удобрений на развитие корневых гнилей гороха посевного (Курганская ГСХА)

Сорт	Вариант	Развитие корневой гнили на корнях и основании стебля гороха перед уборкой, %			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
1	2	3	4	5	6
Аксайский усатый 55	Контроль (без удобрений)	46,4	32,5	49,2	42,7
	N_{30}	24,4	17,8	26,3	22,8
	P_{30}	23,2	20,0	22,0	21,7
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	19,2	15,6	16,3	17,0
Агроинтел	Контроль (без удобрений)	45,6	42,5	54,0	47,4
	N_{30}	21,8	18,9	22,8	21,2
	P_{30}	25,4	17,7	19,5	20,9
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	17,7	16,2	16,8	16,9
Зауральский 3	Контроль (без удобрений)	65,0	38,8	41,7	48,5
	N_{30}	31,2	20,7	19,6	23,8
	P_{30}	30,9	22,3	17,7	23,6
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	28,2	17,9	15,9	20,7
Зауральский 4	Контроль (без удобрений)	67,3	50,0	68,4	61,9
	N_{30}	25,4	20,1	21,6	22,4
	P_{30}	32,5	24,8	20,4	25,9
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	18,9	16,7	15,0	16,9

1	2	3	4	5	6
Крепыш	Контроль (без удобрений)	53,1	28,8	51,1	44,3
	N ₃₀	30,4	18,6	25,7	24,9
	P ₃₀	38,2	20,7	23,6	27,5
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	21,0	16,5	17,1	18,2
Томас	Контроль (без удобрений)	47,9	16,9	42,3	35,7
	N ₃₀	17,5	10,3	18,7	15,5
	P ₃₀	19,7	11,1	17,4	16,1
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	15,6	8,1	14,9	12,9
НСР 0,95		2,4	2,7	2,2	

По нашим данным, применение минеральных удобрений, таких как мочевина, двойной суперфосфат и азофоска способствовало снижению заболевания растений гороха корневыми гнилями. Однозначно наибольшая биологическая эффективность отмечается при применении азофоски (N₃₀P₃₀K₃₀), при этом снижение заболеваемости в среднем за три года отмечается до уровня порога вредоносности по сортам Аксайский усатый 55, Агроинтел, Зауральский 4, Крепыш, Томас.

По результатам трехлетних исследований мы отмечаем, что внесение в почвенно-поглощающий комплекс элементов питания азота, фосфора и калия способствовало снижению развития корневой гнили на горохе, в связи с чем рекомендовано применение данных доз сельхозтоваропроизводителям в условиях Южного Зауралья.

Нами отмечен рост урожайности семян сортов гороха при применении минеральных удобрений за счет повышения устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние минеральных удобрений на поражение корневой гнилью сортов гороха посевного / А. В. Выюник [и др.] // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Курган, 2021. – С. 245–249.
2. Горобей, И. М. Фузариозы зернобобовых культур в лесостепной зоне западной Сибири / И. М. Горобей, Л. Ф. Ашмарина, Н. М. Коняева // Защита и карантин растений. – 2011. – № 2. – С. 14–16.
3. Постовалов, А. А. Влияние минеральных удобрений на фитосанитарное состояние ризосферы гороха / А. А. Постовалов // Вестник Курганской ГСХА. – 2018. – № 1 (25). – С. 45–47.
4. Порсев, И. Н. Влияние минеральных удобрения на развитие корневой гнили и урожайность сортов фасоли обыкновенной в условиях Южного Зауралья / И. Н. Порсев, В. В. Половникова, А. О. Абылканова, В. Л. Дерябин // Вестник Курганской ГСХА. – 2018. – № 3 (27). – С. 54–58.
5. Савельев, В. А. Горох / В. А. Савельев. – Куртамыш: Куртамышская типография, 2016. – 234 с.
6. Этиология корневых гнилей гороха в лесостепи Западной Сибири и Зауралья / Е. Ю. Торопова [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 3 (31). – С. 34–37.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ

Л. В. ГУБИНА, канд. с.-х. наук, доцент,
Н. Ю. ПЛЕСКАЧЕВ, студент

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,
г. Волгоград, Российская Федерация

На опытном поле ФИЦ «Немчиновка» на дерново-подзолистых почвах при возделывании озимой тритикале применялись три технологии по минеральному питанию и средствам защиты растений – базовая, интенсивная и высокоинтенсивная. В результате проведенных исследований с 2016 по 2020 годы было установлено, что максимальная урожайность формировалась у сорта Гера по высокоинтенсивной технологии – 13,5 т/га.

Ключевые слова: зерновые культуры, озимое тритикале, интенсивные технологии, урожайность, протейн.

Широко применяемые в настоящее время интенсивные технологии возделывания зерновых культур, практически во всех почвенно-климатических зонах страны, заметно повысили урожайность и валовые сборы зерна [1, 2].

Одной из характерных особенностей интенсивных технологий является не только высокий уровень применения удобрений и средств защиты растений, но и точное соблюдение доз, сроков и способов их внесения [3, 4].

Внедрение интенсивных технологий позволяет формировать высокопродуктивные посевы озимых и яровых зерновых культур с качеством зерна, пригодным для продовольственных и технических целей, комбикормовой промышленности [5].

На опытном поле ФИЦ «Немчиновка» на дерново-подзолистых почвах выращивали сорта озимой тритикале Гера, Немчиновская 56, Нина.

В исследованиях изучались три технологии возделывания озимой тритикале, различающихся уровнем применения минеральных удобрений и средств защиты растений – базовая технология (1), интенсивная (2), высокоинтенсивная (3) (фактор В).

Сорта озимых культур высеяны по предшественнику однолетние травы 27 августа. Площадь поля 2 га, под опытом 1,5 га. Общий размер делянки 160 м², учетная площадь на сортах 30 м², повторность четырехкратная.

После уборки предшественника дважды проводили дискование почвообрабатывающим агрегатом «Марс». Затем внесение расчетных доз удобрений, культивация и через 14 дней произвели посев сеялкой «Amazon». Норма посева 5 млн. всхожих зерен на га. Уборка урожая осуществлялась, прямым комбайнированием «Winterschtaiger», обкос

делянок проводили комбайном «Сампо-500». Опрыскивание посевов производили «Amazone US – 605».

Наблюдения за содержанием нитратного азота в пахотном слое почвы (0–20 см) вариантов опыта показало, что содержание нитратного азота под посевами сортов тритикале изменялось в зависимости от применяемой технологии, в основном уровнем применения азотных удобрений. На уровень низкой обеспеченности $N-NO_3$ – 4,6–5,7 мг/кг в фазе выхода в трубку по всем технологиям в пахотном слое почвы (0–20 см), оказала влияние затяжная и холодная весна, несмотря на вовремя проведенную ранневесеннюю подкормку азотными удобрениями. Вторая подкормка способствовала повышению обеспеченности нитратами, но обильные осадки в июне (125 мм) оказали отрицательное влияние и прирост был не столь значительный.

Применение интенсивной технологии обеспечило среднее содержание нитратного азота – 10,0–10,7 мг/кг, а высокоинтенсивной – 14,0–14,7 мг/кг почвы.

Проведенная в фазу колошения растительная диагностика показала достаточную для роста и развития растений озимой тритикале обеспеченность азотом. В вегетативной массе содержалось в зависимости от технологии от 2,06 до 2,55 % общего азота.

По результатам обследования поля на содержание подвижных фосфатов отмечается тенденция их снижения в пахотном слое почвы (0–20 см). По состоянию на 01.09.2015 г. в среднем оно составляло 62 мг P_2O_5 /кг, на 01.09 2019 г. – 88 мг/кг в сравнении с изначальным, установленным по результатам мониторинга в начале проведения исследований (2011 г.). Перед закладкой опыта осенью 2019 г. в пахотном слое содержалось на базовой технологии в среднем 149 мг/кг, на интенсивной – 171, высокоинтенсивной – 194 мг/кг подвижного фосфора. Однако, несмотря на снижение подвижных фосфатов в почве, уровень их обеспеченности остается высоким – в среднем 171 мг/кг.

Также установлена тенденция к снижению содержания подвижного калия в среднем по всем технологиям. По базовой технологии обеспеченность элементом соответствовала среднему содержанию (93 мг/кг), по интенсивной и высокоинтенсивной – повышенному содержанию (соответственно 137 и 146 мг/кг). В среднем по полю убыль составила 25 мг/кг.

Таким образом, проведенное обследование опытного участка показало, что плодородие почвы при возделывании зерновых культур по интенсивным технологиям требует поддерживающих агромероприятий, в частности известкования, применения органических удобрений, высококонцентрированных фосфорных удобрений, которые являются обязательными приемами повышения плодородия почвы и неотъемлемой статьей любой технологии.

Контроль над ходом ростовых процессов у растений озимой тритикале осуществляли с помощью линейных замеров. Установлено, что с интенсификацией минерального питания высота растений у сорта Немчиновская 56 изменялась с 56 до 59 см, у сорта Нина – с 54 до 61 см. По сорту Гера варьирование было более заметным и составляло 52 см при базовой и 60 см – при высокоинтенсивной технологии.

В фазу колошения высота растений сорта Немчиновский 56 по технологиям составляла 105–110 см, сорта Нина – 101–112 см, сорта Гера – 98–107 см. Основными факторами, оказывающими влияние на длину стебля, являются плодородие почвы, применение минеральных удобрений, ретардантов и погодные условия. Все они в совокупности и определяют, в конечном счете, высоту растений. Для зерновых сортов тритикале она составляет 100–125 см, зернокармликовых – 110–125 см, кормовых – 120–160 см. В условиях переувлажнения решающую роль в укорачивании стебля изучаемых сортов сыграла обработка посевов регулятором роста Сапресс 0,3 л/га. Если ретардант не был бы применен, то растения достигли бы высоты более полутора метров. Наибольший эффект достигнут на сорте Гера.

Таблица 1. Высота растений тритикале по фазам развития, см

Сорт	Технология	Фаза развития	
		Выход в трубку	Колошение
Гера	Базовая	52	98
	Интенсивная	57	106
	Высокоинтенсивная	60	107
Немчиновская 56	Базовая	56	105
	Интенсивная	58	109
	Высокоинтенсивная	59	110
Нина	Базовая	54	101
	Интенсивная	58	111
	Высокоинтенсивная	61	112

Условия года характеризовались избыточным увлажнением. Поэтому к уборке наблюдалось полегание у сортов Нина и Немчиновская 56. Сорт Гера, вследствие более мощной соломины, не полег, выдержав неблагоприятные погодные условия.

По результатам последних 5 лет применяемые интенсивная и высокоинтенсивная технологии обеспечивали стабильный рост урожайности сортов тритикале. Наибольшие показатели отмечались в 2016 и 2017 годах. У сорта Гера по интенсивной технологии она была на уровне 11,4 т/га, Немчиновская 56–10,3 т/га, Нина – в среднем на уровне 11,1 т/га зерна. По высокоинтенсивной технологии, соответственно 13,5, 10,8, 11,3 т/га.

Таблица 2. Урожайность сортов озимой тритикале (2016–2020 гг.), т/га

Сорт	Технология	Годы исследований					Среднее	Прибавка к базовой технологии	
		2016	2017	2018	2019	2020		т/га	%
Гера	1	10,41	10,16	4,55	7,79	7,83	8,15	–	–
	2	11,43	11,41	6,11	8,79	9,02	9,35	1,20	15
	3	13,49	11,75	6,72	10,49	10,12	10,51	2,36	29
Немчиновская 56	1	9,90	9,71	5,48	7,03	6,89	7,80	–	–
	2	10,38	10,31	6,04	7,75	7,65	8,43	0,63	8
	3	11,01	10,68	6,54	9,38	9,13	9,35	1,55	20
Нина	1	9,47	9,90	4,63	7,66	6,59	7,65	–	–
	2	10,80	11,44	4,84	8,24	7,26	8,52	0,87	11
	3	11,09	11,48	5,29	8,67	8,13	8,93	1,28	17
НСР ₀₅ , т/га		0,14	0,26	0,10	0,17	0,16			

Примечание: 1 – базовая; 2 – интенсивная; 3 – высокоинтенсивная технология.

В среднем за 5 лет прибавка урожая зерна сорта Гера по интенсивной технологии составила 1,20 т/га (15 %) к базовой технологии, сорта Немчиновская 56–0,63 т/га (8 %), сорта Нина – 0,87 т/га (11 %). Урожайность зерна по отношению к базовой технологии при высокоинтенсивной возрастала по сорту Гера на 2,36 т/га (29 %), Немчиновская 56 на 1,55 т/га (20 %), сорту Нина – 1,28 т/га (17 %).

В условиях увлажненного года содержание сырого протеина в зерне сортов озимой тритикале с повышением интенсивности возделывания изменялось незначительно. По базовой технологии содержание сырого протеина по сортам колебалось от 10,6 до 12,1 %, интенсивной технологии – 11,7–12,4 %, высокоинтенсивной технологии – 11,4–12,9 %

Применение высокоинтенсивной технологии на сорте Гера увеличило сбор сырого протеина на 33 %, сорте Немчиновская 56–49 %, сорте Нина – 33 % в сравнении с базовой технологией. Однако при базовой технологии выход белка у сорта Гера был выше на 20 % в сравнении с сортом Немчиновская 56, при интенсивной – на 15 %, высокоинтенсивной – на 7 %. Аналогичная закономерность прослеживается по сортам и технологиям по выходу кормовых единиц основной продукции тритикале.

Таким образом, должное применение всех агротехнических приемов возделывания озимой тритикале, рациональное использование минеральных удобрений, а азотных с привлечением методов почвенной и растительной диагностики питания, дифференцированное применение средств защиты растений являются решающими факторами повышения урожайности и белковости зерновой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Озимая и яровая тритикале в Российской Федерации. Коллективная монография / под общ. ред. А. М. Медведева. – М.: 2017. – 283 с.
2. Плескачев, Ю. Н. Влагообеспеченность и продуктивность озимой пшеницы при различных технологиях возделывания в зоне влияния лесной полосы / Ю. Н. Плескачев, А. Н. Сарычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – 2 (46). – С. 111–118.
3. Воронов, С. И. Влияние регуляторов роста с ретардантными свойствами и норм высева на рост и развитие озимой пшеницы Немчиновская 17 / С. И. Воронов, Ю. Н. Плескачев. С. Б. Говоркова // Аграрная Россия. – 2021. – № 7. – С. 7–13.
4. Влияние способов обработки почвы на засоренность и продуктивность озимой пшеницы / С. И. Воронов [и др.] // Аграрная Россия. – 2020. – № 9. – С. 3–7.
5. Воронов, С. И. Основы производства высококачественного зерна озимой пшеницы / С. И. Воронов, Ю. Н. Плескачев, П. В. Ильяшенко // Плодородие. – 2020. – 2(113). – С. 64–66.

УДК 631.8.022.3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА «ХАСЫР» В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

- А. В. ДАВАЕВ, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства,
Б. А. ГОЛЬДВАРГ, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства,
В. И. КОЗЫРЧУК, ст. науч. сотрудник отдела аридного земледелия, кормопроизводства, селекции и семеноводства

Калмыцкий НИИСХ им. М. Б. Нармаева –
филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», e-mail: davaev.a.v@mail.ru
г. Элиста, Республика Калмыкия, Российская Федерация

В статье рассмотрены данные за 2018–2020 гг. по эффективности применения жидких удобрений «Биотран», «Изагри» и «Экобау» при производстве озимой сорта «Кузен» в центральной зоне Республики Калмыкия. Применение жидких удобрений способствовало повышению урожайности более 20 %.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, минеральные, жидкие удобрения.

Одним из ключевых преимуществ жидких удобрений перед минеральными, это то, что жидкие удобрения находятся в легко усвояемой форме для растений. Однако минеральные удобрения в наших почвенно-климатических условиях дают большую урожайность и растения лучше развиваются на удобренном фоне. Но использование жидких удобрений при до- и послепосевной обработках позволяют получить урожаи зерновых, сопоставимые, а бывает и превышающие урожаи на удобренном фоне.

Цель исследований. Установить эффективность влияния жидких удобрений на урожайность адаптивных к условиям аридной зоны светло-каштановых почв сортов озимой пшеницы мягкой.

Исследования проведены на опытном поле, расположенном в 10 км к западу от с. Троицкое Целинного района РК. Почва опытного участка светло-каштановая в комплексе с солонцами. Участок, выровненный с небольшим уклоном с юга на север.

Агротехника общепринятая в центральной агроклиматической зоне. Из минеральных удобрений, согласно схеме, опыта применяли аммофос и аммиачную селитру.

Предшественник в севообороте для озимой пшеницы сорта «Хасыр» (Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону. Рекомендован для возделывания в Северо-восточной полупустынной и Восточной сухостепной зонах Ставропольского края.) – чистый пар, основная обработка которого проведена отвальным способом на глубину 18–20 см.

Норма высева семян 3,0 млн. всхожих семян.

Проведена обработка посевов гербицидами для уничтожения сорной растительности в посевах и борьба с клопом – черепашкой.

Расположение делянок в опытах систематическое в один ярус. Повторность вариантов четырехкратная. Площадь опытной делянки 50 м² (24×2,2 м).

Учет урожая осуществляли прямым комбайнированием, сплошным поделяночным методом [3].

Методы и методики исследований: а) почвенные исследования: Определение влажности почвы на глубину 0–100 см – термовесовым методом; определение агрохимической характеристики почв до посева и динамика накопления подвижного азота и фосфора в течение вегетации растений; б) наблюдения за растениями: подсчет густоты всходов – методом наложения рамок (0,25 м²) в четырех повторениях; определение степени перезимовки растений, методом закрепленных площадок; определение засоренности посевов – методом наложения рамок (0,25 м²) в четырех повторениях; фенологические наблюдения – по методике Госсортсети; учет урожая зерна – сплошным поделяночным методом; Определение содержания в зерне белка и клейковины (ГОСТ 13586.1-68); в) Агроклиматические наблюдения – по данным метеопостов с. Троицкое и Верхний Яшкуль [2].

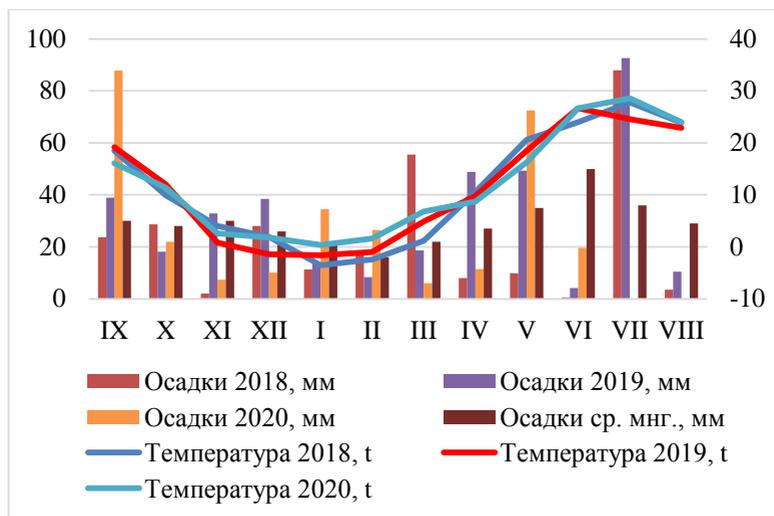
Схема опыта.

1. Контроль
2. N₃₀P₃₀.
3. Биотран обработка семян 5 г/г .

4. Биотран обработка семян 5 г/т + N₃₀P₃₀.
5. Биотран обработка семян 5 г/т + внекорневая обработка 7 г/га.
6. Биотран обработка семян 5 г/т + внекорневая обработка 7 г/га + N₃₀P₃₀.
7. Изагри Форс обработка семян 1 л/т.
8. Изагри Форс обработка семян 1 л/т + Изагри Азот внекорневая обработка 2 л/га.
9. Изагри Форс обработка семян 1 л/т + Изагри Азот внекорневая обработка 2 л/га + S.
10. Экобау обработка семян 2 л/т + внеорневая обработка фаза кушения 2 л/га.
11. Экобау обработка семян 4 л/т + внекорневая обработка фаза кушения 4 л/га.

Краткая характеристика препаратов. «БИОТРАН» – новый кремне-ауксиновый биостимулятор роста и развития растений. Обладает высокой биологической активностью на протяжении всего вегетационного периода. Оказывает антиоксидантное, адаптогенное и фунгицидное действие. Повышает урожай и качество сельхозпродукции. Защищает растения от накопления нитратов, пестицидов и тяжелых металлов [1].

Агрометеорологические условия за 2018–2020 гг. в сравнении со среднегодовыми сельскохозяйственного года



«ИЗАГРИ» – жидкие комплексные удобрения для сбалансированного питания растений. Выпускается несколько различных форм.

Для обработки семян используется «ИзагриФорс», двухкомпонентное удобрение с аминокислотами, органическими кислотами, микроэлементами в хелатной форме и макроэлементами. Для некорневой подкормки в работе используется «Изагри Азот» с высокой концентрацией азота в единице объема. Препарат содержит также биоактивный комплекс смачивающих компонентов и богатый спектр микроэлементов в доступной для растений форме [1].

«ЭКОБАУ» – это продукт, полученный в результате анаэробного сбраживания отходов птицеводства. В процессе переработки органические отходы разлагаются самой природой – бактериями метаногенной ассоциации. В результате, получаем легко усвояемые для растений макро- и микроэлементы. Удобрение насыщено гуминовыми кислотами и микроэлементами, вырабатываемыми живыми микроорганизмами. В их составе содержатся гормоны роста и развития растений: ауксины, цитокинины, гиббереллины и др. [1].

2018 г. оказался неблагоприятным для роста и развития зерновых культур. Среднегодовая температура воздуха была выше среднегодовых значений на 2 °С. Сумма осадков за год достигла 278 мм, что ниже нормы на 21 %. 2019 г. в сравнении с предыдущим, оказался благоприятным для роста и развития озимых зерновых культур. Среднегодовая температура воздуха была выше среднегодовых значений на 2 °С. Сумма осадков за год достигла 375,1 мм, что выше среднегодового значения на 24,1 мм. 2020 г. также оказался неблагоприятным для роста и развития озимых. Среднегодовая температура превысила среднегодовую на 2,7 °С, сумма осадков была ниже на 52,5 мм.

В опыте изучено влияние обработки семян и некорневой подкормки на урожай и изменения показателей N, P и гумуса почвы.

Анализ почвенных образцов перед посевом позволил выявить ее низкое плодородие (табл. 1). Содержание гумуса в пахотном слое оказалось в пределах 1,60 % и в подпахотном слое 1,37 %. Минерального азота (N-NO+N-NH₄) было соответственно 3,25 и 4,1 мг/кг почвы, подвижного фосфора имелось всего 13,90 и 9,62 мг/кг.

Содержание обменного калия (K₂O) характеризовалось как повышенное, содержание серы (S), цинка (Zn), кобальта (Co) и других микроэлементов – низкое. Реакция почвенной среды слабощелочная, pH равно≈8,18. Степень солонцеватости почв слабовыраженная. На основании вышеприведенных данных можно предполагать положительную реакцию изучаемых зерновых культур как на внесение минеральных удобрений, так и на использование в агротехнике жидких удобрений.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы перед посевом

Показатель	Слой почвы, см	
	0–20	20–40
pH	8,18	8,42
Гумус, %	1,60	1,37
Валовой фосфор, %	0,078	0,095
Общий азот, %	0,111	0,101
Подвижный фосфор, мг/кг	13,90	9,62
N-NO ₃ , мг/кг	3,25	3,28
N-NH ₄ , мг/кг	4,1	5,4
Обменный Na, моль/100 г	0,38	0,34
Ca, мг/100 г	13,87	12,87
Mg, мг/100 г	3,75	4,75
ЕКО, мг экв/100 г	15,0	22,0
Подвижный K ₂ O, мг/кг	440	380
Подвижная S, мг/кг	4,3	4,5
Zn, мг/кг	0,30	0,44
Mn, мг/кг	6,46	11,89
Cu, мг/кг	0,12	0,19
Co, мг/кг	0,18	0,165

Как было уже сказано выше в нашей агроклиматической зоне каждый год имел свои гидротермические параметры, отличающиеся от среднелетних показателей. Из табл. 2 видно, что наиболее неблагоприятный для озимой пшеницы оказался 2018 год. Однако если учитывать среднюю урожайность за 3 года, то мы увидим все варианты превысили контрольный от 0,61 до 1,24 т/га или от 23,83 до 48,44 %. Также следует отметить, что наибольший урожай был получен в вариантах с применением жидких и твердых удобрений. Из вариантов, где применяли только жидкие удобрения, следует отметить вариант 3, где применяли обработку семян «Биотраном» 5 г/т семян, прибавка составила 0,89 т/га, или 34,80 %. И вариант 11 с использованием жидкого удобрения «Экобау» при обработке семян 4 л/т и внекорневой подкормки 4 л/га прибавка составила – 0,93 т/га, или 36,33 %.

Таблица 2. Урожай озимой мягкой пшеницы сорта «Хасыр» в зависимости от применяемых удобрений

Номер варианта	Урожайность, т/га			Среднее, т/га	К контролю, т/га
	2018	2019	2020		
1	2	3	4	5	6
1	1,75	3,14	2,79	2,56	–
2	1,90	3,32	4,59	3,27	0,71
3	2,53	3,40	4,42	3,45	0,89
4	2,56	3,75	4,86	3,72	1,16
5	2,58	3,60	4,18	3,45	0,89
6	2,68	3,76	4,95	3,80	1,24

1	2	3	4	5	6
7	2,12	3,30	4,08	3,17	0,61
8	2,21	3,65	3,92	3,26	0,70
9	2,27	3,64	3,73	3,21	0,65
10	2,50	3,46	4,04	3,33	0,77
11	2,51	3,89	4,08	3,49	0,93
НСР ₀₅	0,88	0,92	0,55		

Примечание. Номер варианта соответствует номеру схемы опыта.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод что применение удобрений в производстве озимой мягкой пшеницы позволит получить минимальный прирост к урожаю от 23,83 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации проведения осеннего сева. – Элиста: «Калмыцкий НИИС им. М. Б. Нармаева» – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2020. – 12 с.
2. Даваев, А. В. Эффективность применения жидких удобрений в Аридных условиях Республики Калмыкия / А. В. Даваев, Б. А. Гольдварг, Г. Д. Унканжинов // Агрохимический вестник. – 2021. – № 3. – С. 7–10.
3. Боктаев, М. В. Подбор, оценка озимых культур и создание адаптивных сортов для Республики Калмыкия: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Всерос. науч.-исслед. ин-т риса; М. В. Боктаев. – Краснодар, 2016. – 22 с.

УДК 631.46:631.559

ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗРУШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВООБОРОТАХ С РАЗНЫМИ ВИДАМИ ПАРА И В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Т. А. ДУДКИНА, канд. с.-х. наук

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
г. Курск, Российская Федерация

Наиболее высокая биологическая активность почвы и урожайность озимой пшеницы были при выращивании озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте с черным паром при внесении НРК-52 кг д. в. на 1 га севооборотной площади. Масса 1000 зерен была выше в севообороте с сидеральным паром.

Ключевые слова: севооборот, минеральные удобрения, целлюлозоразрушающая способность почвы, урожайность, масса 1000 зерен.

Сельское хозяйство является важнейшей частью народнохозяйственного комплекса России. Производство продуктов растениевод-

ства во многом определяется условиями выращивания сельскохозяйственных культур, в частности, плодородием почвы.

Плодородие почвы характеризуется многими показателями: агрохимическими, агрофизическими, биологическими и другими. В данной статье рассматривается влияние исследуемых факторов на такое биологическое свойство почвы, как ее целлюлозоразрушающая способность, а также на урожайность сельскохозяйственных культур и качество урожая.

Вопросы влияния элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур на биологическую активность почвы, урожайность озимой пшеницы и качество зерна имели и имеют в настоящее время большую актуальность.

Цель проводимых исследований – установить влияние состава и чередования культур в севообороте, а также минеральных удобрений на отдельные показатели плодородия почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Исследования проводили в 2018–2020 годах в опытном хозяйстве Курского ФАНЦ (Медвенский район Курской области) в стационарном опыте в двух севооборотах:

1) зернопаропропашной – черный пар, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень;

2) зернопаропропашной с сидеральным паром – сидеральный пар (горох), озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень.

Опыт по биологизации земледелия заложен в 1981 году во времени и пространстве в трехкратной повторности. Почва опытного участка чернозем типичный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 5,2 %.

Почва для анализов и растительный материал отбирались на двух культурах севооборотов: озимой пшенице и ячмене. В статье рассматриваются результаты исследований по первой из названных культур – озимой пшенице.

Для определения целлюлозоразрушающей способности почвы в посевах озимой пшеницы использовали методику определения биологической активности почвы посредством закладки льняных полотен [1]. Закладку льняных полотен размером 5×20 см производили с помощью инструмента, разработанного в ФГБНУ «Курский ФАНЦ» и запатентованного в 2017 году [2]. Более подробное описание инструмента представлено в статье, опубликованной в журнале «Агрохимический Вестник» [3].

Уборку урожая озимой пшеницы проводили прямым комбайнированием с поделяночным учетом комбайном «Сампо-500».

Для определения массы 1000 зерен использовали ГОСТ 12042-80.

Влияние севооборота и минеральных удобрений на целлюлозоразрушающую способность почвы, урожайность озимой пшеницы и массу 1000 зерен (в среднем за 3 года)

Севооборот	Минеральные удобрения	Убыль массы ткани, %	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г
Зернопаропропашной севооборот с черным паром	Без удобрений	12,6	4,39	46,0
	NPK-30	15,9	5,06	46,4
	NPK-40	20,4	5,00	46,8
	NPK-52	27,4	6,19	46,9
Зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром	Без удобрений	25,5	4,39	47,0
	NPK-30	19,8	4,88	48,0
	NPK-40	15,7	5,11	47,8
	NPK-52	13,5	5,91	47,3

В наших исследованиях скорость распада клетчатки в почве изменялась по почвенным горизонтам. Как правило, интенсивность процесса разложения целлюлозы в поверхностном слое (0–10 см) выше, чем в ниже расположенном горизонте (10–20 см).

В целом в 0–20 см слое почвы в зернопаропропашном севообороте с черным паром под озимой пшеницей интенсивность распада клетчатки судя по убыли массы ткани в почве, на неудобренном фоне была ниже, чем в севообороте с сидеральным паром на 2,9 %.

Под озимой пшеницей, следующей в севообороте по черному пару, при удобренности минеральными удобрениями NPK-30 убыль массы ткани в слое почвы 0–20 см увеличивалась с 12,6 до 15,9 %. Еще больше рассматриваемый показатель был на вариантах с NPK-40 и NPK-52 – соответственно 20,4 и 27,4 %.

В другом севообороте, где черный пар был заменен сидеральным, подобной тенденции не просматривалось. Здесь интенсивнее всего процессы разложения целлюлозы протекали при внесении NPK-30, снижаясь при возрастании дозы удобрений, соответственно с 19,8 (NPK-30) до 15,7 и 13,5 % при NPK-40 и NPK-52.

В двух изучаемых севооборотах с различными видами пара на контрольных вариантах (без удобрений) урожайность озимой пшеницы в среднем за три года была одинаковой – 4,39 т/га.

В зернопаропропашном севообороте с черным паром в варианте с максимальной дозой внесения минеральных удобрений (NPK-52) урожайность составила 6,19 т/га. По сравнению с контролем, прибавка урожайности от внесения максимальной дозы минеральных удобрений составила 1,80 т/га, а в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром данный показатель составил 1,52 т/га.

С увеличением дозы внесения минеральных удобрений в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром урожайность озимой

пшеницы в сравнении с контролем возрастала по мере увеличения удобрённости в 1,1, 1,2 и 1,3 раза. В зернопаропропашном севообороте с черным паром тенденция плавного поступательного увеличения урожайности с увеличением дозы внесения минеральных удобрений не просматривалась, а урожайность культуры с возрастанием дозы внесения NPK увеличивалась в 1,2, 1,1 и 1,4 раза.

Судя по показателю массы 1000 зерен во всех исследуемых вариантах, по классификации В. Ф. Дорофеева [4] зерно относится к очень крупному. Рассматриваемый показатель по изучавшимся вариантам варьирует от 46,0 до 48,0 г.

Сидеральный пар, как предшественник озимой пшеницы, обеспечивал более высокую массу 1000 зерен озимой пшеницы, по сравнению с черным паром. Улучшение качественных показателей зерна при сидерации отмечает в своей работе Н. В. Долгополова [5].

Масса 1000 зерен на удобренных фонах была выше, чем на фоне «без удобрений». Четкой закономерности изменения данного показателя в зависимости от дозы минеральных удобрений не отмечено.

1. Интенсивность распада клетчатки в опыте была выше в верхнем слое почвы (0–10 см), чем в нижележащем (10–20 см).

Внесение в паровом поле зеленого удобрения в вариантах, на неудобренном минеральными удобрениями фоне, способствовало росту биологической активности почвы. На фонах удобрений такой тенденции не прослеживалось.

2. Почвенные условия выращивания культуры, в частности, целлюлозоразрушающая способность почвы, влияли на урожайность и качество продукции.

В вариантах с самой высокой биологической активностью почвы урожайность озимой пшеницы была самой высокой (зернопаропропашной севооборот с черным паром, NPK-52).

Масса 1000 зерен повышалась при замене в севообороте черного пара сидеральным и при внесении минеральных удобрений она была выше, чем на неудобренном фоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишустин, Е. Н. Методика определения целлюлозоразрушающей способности почвы / Е. Н. Мишустин, И. П. Востров, А. Н. Петрова. – М.: Наука, 1987. – 375 с.
2. Инструмент для закладки в почву образцов ткани и фотобумаги при изучении биологической активности почвы: Патент на полезную модель RU172910 / Т. А. Дудкина [и др.]. – 2017. – Бюлл. № 22.
3. Дудкина, Т. А. Инструмент для проведения исследований по биологии почвы / Т. А. Дудкина, И. В. Дудкин // *Агрохимический вестник*. – 2018. – № 4. – С. 71–74.
4. Дорофеев, В. Ф. Пшеница мира / В. Ф. Дорофеев, М. М. Якубцинер, М. И. Руденко. – Л.: Колос, 1976. – 487 с.
5. Долгополова, Н. В. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна посевов озимой пшеницы / Н. В. Долгополова // *Вестник КГСХА*. – 2015. – № 5. – С. 49–52.

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ, ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ И ТОВАРНОСТЬ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ СОРТА ВОЛАТ

Е. Л. ИОНАС, канд. с.-х. наук,
И. В. КОВАЛЕВА, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Приведены результаты исследований влияния комплексных удобрений и регуляторов роста при возделывании среднеспелого сорта картофеля Волат на урожайность, фракционный состав и товарность клубней на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси.

Ключевые слова: картофель, удобрения, регуляторы роста, дерново-подзолистая почва, урожай, фракционный состав, товарность.

Основной особенностью и принципиальной сущностью нынешнего этапа сельскохозяйственного производства является необходимость наращивания сельскохозяйственного производства в условиях сокращения потребления энергоресурсов.

Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции требуется комплексный подход к использованию средств химизации, совместное или последовательное применение расчетных доз минеральных макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений [1, 2].

Влияние удобрений на урожайность и качество картофеля имеет первостепенное значение. Для получения высоких урожаев клубней хорошего качества питательные вещества должны быть доступны растениям вовремя, в необходимом количестве и нужной форме [3].

По данным Д. Д. Фицуру и других исследователей, применение некорневых подкормок микроэлементами в фазе бутонизации обеспечило увеличение урожайности до 3,6 т/га в зависимости от сорта [4].

При двукратной подкормке удобрениями Кристалон желтый и Кристалон коричневый прибавка урожая в исследованиях А. И. Немкович составила 9,3 и 3,7 т/га соответственно, при этом посадки в меньшей степени поражались болезнями и вредителями [5].

По данным российских ученых, двукратная фолиарная обработка растений картофеля микроудобрением Грин Лифт обеспечила увеличение урожайности на 11,4–15,2 %, кроме того, улучшила качество урожая [3].

Несмотря на то, что данные агроприемы исследовались многими учеными, недостаточно изученным является вопрос об их эффективности при выращивании сортов в конкретных почвенно-климатических условиях. В связи с этим целью наших исследований было установление влияния комплексных удобрений и регуляторов роста при возделывании среднеспелого сорта картофеля Волат на урожайность, фракционный состав и товарность клубней на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси.

Исследования проводились в 2020–2021 гг. на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской государственной с.-х. академии» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1 м моренным суглинком. Объектом исследований выступал среднеспелый сорт картофеля Волат, который был внесен в Госреестр РБ в 2015 году.

Посадку картофеля проводили в 2020 г. 11 мая и 14 мая в 2021 г. картофелесажалкой КСМ – 4 с густотой посадки 48–50 тыс. шт./га. Предшественником картофеля был яровой рапс. Общая площадь делянки 25,2 м², учетной – 12,6 м².

В опытах применяли карбамид (46 % N), аммонизированный суперфосфат (9 % N; 30 % P₂O₅), аммофос (10 % N; 35 % P₂O₅) и хлористый калий (60 % K₂O).

Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное удобрение Нутривант Плюс (картофельный) с содержанием (N₀ + P₄₃ + K₂₈ + Mg₂ + B_{0,5} + Mn_{0,2} + Zn_{0,2} + фертивант), которое вносили по вегетирующим растениям у сорта Волат по 2,0 кг/га в фазу смыкания ботвы, в фазу бутонизации и в фазу клубнеобразования. Также использовали польское комплексное удобрение Адоб Профит со следующим содержанием: азот (10 %), фосфор (40 %) калий (8 %), бор (0,05 %), медь (0,1 %), марганец (0,1 %), цинк (0,1 %), магний (3,0 %), молибден (0,01 %), в дозе 2,0 кг/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу цветения. В опыте применяли белорусское комплексное удобрение МикроСтим В, Cu включающее (N – 65 г/л, В – 40 г/л, Cu – 40 г/л, гуминовые вещества 0,6–6,0 мг/л) в дозе 1,3 л/га в фазу начала бутонизации, а также регулятор роста Оксигумат (картофель) с содержанием гуминовых веществ, макро- и микроэлементов (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, B, Mn). 6%-ный концентрат биологически активных веществ (в перерасчете на ОМ – 90 %) в дозе 1,0 л/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу бутонизации.

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и учеты в соответствии с методикой исследований по культуре картофеля. Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом с определением его структуры путем взвешивания клубней по фракциям.

Товарность определяли весом всех клубней свыше 30 мм, выраженным в процентах от общего урожая.

В исследованиях с картофелем сорта Волат урожайность клубней с внесением до посадки ($N_{70}P_{80}K_{120}$) составила 26,4 т/га.

При использовании удобрений МикроСтим В, Су, Адоб Профит, и регулятора роста Оксигумат (картофель) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ прибавка урожайности картофеля к фону составила 3,8; 3,2 и 2,6 т/га, соответственно. Максимальная продуктивность картофеля (31,1 т/га) у сорта Волат в среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) была получена от некорневой подкормки Нутривантом Плюс на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$.

Анализ структуры урожая показывает, что применение по вегетирующим растениям комплексных удобрений с содержанием макро- и микроэлементам, регуляторов роста оказывает положительное влияние на фракционный состав клубней (таблица).

У среднеспелого сорта Волат на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ выход мелкой фракции клубней менее 30 мм в структуре урожая составил 15,7 %.

Минимальная доля мелких клубней была получена при применении Адоб Профит (4,6 %) и МикроСтива В, Су (4,9 %), выход средней фракции в этих вариантах был максимальным (84,6 % и 85,7 % соответственно). Товарность клубней в данных вариантах также была наибольшей и составила 95,4 и 95,2 %, что превышала фон на 11,1 и 10,9 % соответственно.

Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность, фракционный состав и товарность клубней картофеля сорта Волат (среднее за 2020–2021 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Масса клубней по фракциям, г/куст/% от общей массы			Товарность, %
		–	–	–	
1. $N_{70}P_{80}K_{120}$ – Фон	26,4	89,3/15,7	514,4/76,5	64,5/7,9	84,3
2. $N_{70}P_{80}K_{120}$ +МикроСтим В, Су	30,2	35,8/4,9	652,9/85,7	90,1/9,5	95,2
3. $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Нутривант Плюс	31,1	57,1/5,2	632,0/84,1	103,6/10,8	94,9
4. $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Адоб Профит	29,6	33,3/4,6	593,6/84,6	95,8/10,8	95,4
5. $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Оксигумат (картофель)	29,0	54,3/8,5	545,6/80,2	98,2/11,4	91,6
НСР ₀₅	1,3	–	–	–	–

В среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) обработка растений Оксигуматом (картофель) способствовала увеличению крупной фракции клубней более 60 мм до 11,4 %, превышая фон $N_{70}P_{80}K_{120}$ на 3,5 %.

Таким образом, максимальная продуктивность картофеля (31,1 т/га) у сорта Волат была получена от некорневой подкормки Нутривантом Плюс на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$. Обработка посадок картофеля Нутривантом Плюс повышала урожайность клубней по отношению к фону на 4,7 т/га (с 26,4 до 31,1) и увеличивала выход крупной фракции клубней на 2,9 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки, 2021. – 161 с.
2. Цыганов, А. Р. Микроэлементы и микроудобрения / А. Р. Цыганов, Т. Ф. Персикова, С. Ф. Реуцкая. – Минск, 1998. – 121 с.
3. Хох, Н. А. Влияние макро- и микроудобрений на продуктивность ранних сортов картофеля в условиях западной части Республики Беларусь / Н. А. Хох, Л. С. Рутковская // Картофелеводство: сб. науч. тр. – Минск: РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2020. – Т. 27. – С. 167–172.
4. Влияние различных уровней питания на продуктивность сортов картофеля разных сроков спелости и целевого назначения и их устойчивости к клубневым гнилям во время хранения / Д. Д. Фицуро [и др.] // Картофелеводство : сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С. А. Турко [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 19. – С. 456–473.
5. Немкович, А. И. Влияние комплексных минеральных удобрений Дисолвил АБЦ, Тенсо коктейль, Кристалон коричневый и Кристалон желтый на продуктивность и технологические качества картофеля / А. И. Немкович // Белорус. сельское хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 69.

УДК 633.16

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Д. И. КАТОРГИН, мл. науч. сотрудник

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»,
г. Белгород, Российская Федерация

В статье приведены результаты научных исследований, направленных на изучение воздействия удобрений и способов обработки почвы на урожайность. Анализ данных опыта показал, внесение минеральных удобрений наиболее эффективно сказывается на повышении продуктивности ячменя в сравнении с органическим.

Ключевые слова: ячмень, урожайность, осадки, обработка почвы, удобрения, исследования.

Ячмень является одной из ведущих зерновых культур. Он считается не только ценной кормовой, продовольственной и технической культурой, а также основной страховой культурой в случае гибели озимой пшеницы. Ячмень требователен к условиям возделывания. Для получения планируемого урожая важно применять все элементы тех-

нологии, в том числе использовать ресурсосберегающую технологию основной обработки почвы, применять удобрения для оптимизации минерального питания его на всех этапах вегетации и пестициды для защиты растений от болезней, вредителей, сорняков [1].

В севообороте важно и то, что ячмень созревает раньше других яровых зерновых культур, что позволяет растянуть сроки использования комбайна и уменьшить напряженность в период уборки.

Исследования проводили в условиях длительного многофакторного полевого опыта, заложенного в 1987 году, в зернопропашном севообороте по полной факториальной схеме. В связи с тем, что ячмень включен только в один из трех севооборотов, схема опыта включает три фактора, каждый из которых имеет по три градации. Информативность выборки из факториальной схемы составляет схем 6,34 бит, в том числе информативность 1 вариант 0,026 бит [2].

Чередование культур в севообороте: озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос, горох.

В севообороте изучали три способа основной обработки почвы: вспашка на 20 см; безотвальная обработка; минимальная обработка.

На фоне разных способов основной обработки почвы в опыте изучали следующие варианты с применением органических и минеральных удобрений:

1. Контроль
2. $N_{50}P_{50}K_{50}$.
3. $N_{100}P_{100}K_{100}$.
4. Навоз (40 т/га).
5. Навоз (40 т/га) + $N_{50}P_{50}K_{50}$.
6. Навоз (40 т/га) + $N_{100}P_{100}K_{100}$.
7. Навоз (80 т/га).
8. Навоз (80 т/га) + $N_{50}P_{50}K_{50}$.
9. Навоз (80 т/га) + $N_{100}P_{100}K_{100}$.

Более подробная схема длительного многофакторного полевого опыта, заложенного по полной факториальной схеме, изложена в статьях [3].

Почва опытного участка: типичный чернозем, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Агрохимические показатели пахотного слоя составляют: гумус – 5,8–6,4 %, подвижного фосфора – 52–58 мг/кг почвы, обменного калия – 95–105 мг/кг, pH_{KCl} 5,8–6,4. Почвенный участок типичен для условий Белгородской области [4].

Статистическую обработку многолетних данных проводили дисперсионным методом анализа с трансформацией повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта [5]. Обработка данных показала, что фактическое значение критерия Фишера превосходит его теоретическое значение, что свидетельствует о существенности различий между

изучаемыми в опыте факторами, а величина НСР₀₅ показывает существенность различий между вариантами полевого опыта.

По данным, полученным с метеостанции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», наблюдался рост среднемесячной температуры выше среднемноголетней. Так, в 2018 году повышение температуры составило: в апреле – на 3,4 °С, в мае – на 5,5 °С, в июне – на 2,6 °С и в июле – на 3,3 °С. В 2019 г. разница температуры составила: в апреле – 3,8 °С, в мае – 3,2 °С, в июне – 6,6 °С и в июле – 1,2 °С. В 2020 г. в марте – на 8,1 °С, в июне – на 2,5 °С и в июле – на 0,8 °С.

Не менее важны погодные условия, влияющие на урожай ячменя ярового, в том числе осадки. По метеоданным Центра, в марте 2018 г. наблюдалось превышение количества осадков на 206,4 % от среднемноголетних показателей. Также отклонение количества осадков от среднемноголетнего показателя наблюдается и в 2020 г., в апреле – на 23,9. Среднемесячный показатель осадков в июне был заметно ниже в 2018 на 28,6 % и на 80,2 % – в 2019 г. Существенное повышение среднемесячного показателя количества осадков наблюдалось в июне 2018 г., на 269,2 % больше, чем выпало в 2019 г. и на 258,5 % от среднемноголетнего количества.

Есть прямая зависимость между дозами и видами вносимых нами удобрений и урожайностью ячменя ярового.

Урожайность на контрольных вариантах без внесения удобрений составила в среднем: на вспашке – 32,1 ц/га, на безотвальной обработке – 31,7 ц/га и на минимальной обработке – 34,1 ц/га.

При внесении двойной дозы органических и минеральных удобрений урожайность, в среднем по всем обработкам почвы, составила 43 ц/га. Внесение удобрений дозе Навоз (80 т/га) и N₅₀P₅₀K₅₀, при минимальной обработке почвы, повысило урожайность по отношению к контролю на 12,1 ц/га. Наибольший показатель урожайности отмечен при минимальной обработке, на варианте с внесением минеральных удобрений в дозе N₅₀P₅₀K₅₀ и составила 47,4 ц/га. Внесение 40 т/га навоза повышало урожайность на всех способах обработки в среднем на 4 ц/га, а внесение 40 т/га навоза совместно с минеральными удобрениями в дозе N₅₀P₅₀K₅₀ и N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ повысило разницу с контрольным вариантом в среднем на 10,4 ц/га и 11,3 ц/га соответственно.

Таким образом, проанализировав данные опыта, заложенного в условиях чернозема типичного в зернотравяном севообороте, наблюдается прямая зависимость между дозами и видами вносимых нами удобрений и повышением количества урожая. Анализ данных опыта показал, что внесение минеральных удобрений наиболее эффективно сказывается на повышении продуктивности ячменя в сравнении с органическими. Также внесение минеральных удобрений эффективнее

органических сказывается на повышении продуктивности ячменя. Способы основной обработки почвы не оказывали существенного влияния на урожайность ярового ячменя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тютюнов, С. И. Интенсификация технологий и продуктивность севооборота / С. И. Тютюнов, Н. М. Доманов // Земледелие. – 2005. – № 1. – С. 17–18.
2. Цыгуткин, А. С. Информативность опыта и ее оценка / А. С. Цыгуткин // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 6. – С. 45–46.
3. Каторгин, Д. И. Методические основы изучения в длительном полевом опыте севооборотов, обработки почвы, минеральных и органических удобрений и их влияния на плодородие почвы и величину урожая сельскохозяйственных культур / Д. И. Каторгин // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: матер. Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых ученых, посвященных 45-летию со дня образования ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» г. Белгород 15–17 сентября 2020 г. – Белгород, 2020. – С. 583–588.
4. Влияния способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в черноземе типичном / С. И. Тютюнов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 5. – С. 7–12.
5. Цыгуткин А. С. Методология статистической обработки многолетних данных опыта / А. С. Цыгуткин. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 27 с.

УДК 631.147+631.434

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ

К. Ю. КИСЕЛЕВА, аспирант,
Е. Н. КУЗИН, д-р с.-х. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Пензенской государственной аграрный университет»,
г. Пенза, Российская Федерация

Наиболее существенное влияние на содержание водопрочных агрегатов оказало последствие навоза в комплексе с биодеструктором, одностороннее использование сидератов и их использование в комплексе с биодеструктором. Увеличение общего количества водопрочных агрегатов связано с увеличением количества агрегатов размером от 1,0 до 0,25 мм.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, навоз, сидераты, биодеструктор стерни, водопрочные агрегаты.

Эффективным приемом повышения плодородия является внесение в почву органических удобрений, классическим из которых является навоз. Ограниченность запасов навоза по причине резкого снижения поголовья крупного рогатого скота и затратности внесения в почву предполагает более широкое применение таких видов органических удобрений, как сидераты и побочная продукция культур севооборотов. Использование данных видов органических удобрений является эко-

номически выгодным и экологически безопасным способом повышения плодородия почвы. Проблему повышения биогенности почвы при использовании сидератов и побочной продукции культур можно решить за счет применения биологических препаратов [1–5].

Цель исследований заключалась в изучении влияния приемов биологического земледелия на структурное состояние лугово-черноземной выщелоченной малогумусной среднетощей почвы.

Для достижения поставленной цели в первом агропочвенном районе Пензенской области в 2017 году был заложен полевой опыт по следующей схеме:

Пар чистый (2017 г.)
1. Навоз 8 т/га с. п. (контроль)
2. Навоз 8 т/га с. п. + биодеструктор стерни
Пар сидеральный (2017 г.) + промежуточная сидерация (2020 г.)
3. Редька масличная (2017 г., 2020 г.)
4. Горчица белая (2017 г., 2020 г.)
5. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.)
6. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.)
7. Редька масличная (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
8. Горчица белая (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
9. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
10. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.) + биодеструктор стерни

Повторность опыта трехкратная. Варианты в опыте размещены методом рендомизированных повторений. На вариантах с использованием биодеструктора стерни почва, навоз и зеленая масса измельченных сидеральных культур (2017, 2020 гг.) и измельченные стебли кукурузы (2019 г.) обрабатывались биопрепаратом из расчета 1 л/га. В рабочий раствор кроме биопрепарата добавляли аммиачную селитру из расчета 10 кг д.в. на гектарную норму. Норма расхода для обработки одного гектара составляла 300 л. На контроле и на вариантах без использования биодеструктора почва обрабатывалась раствором аммиачной селитры из расчета 10 кг/га д. в., при норме рабочего раствора 300 л/га. В опыте использовался биодеструктор стерни (Биокомплекс БТУ), предназначенный для обработки стерни, других послеуборочных остатков и почвы. После уборки озимой пшеницы в 2018 г. и после уборки кукурузы в 2019 г. побочная продукция была использована в качестве органического удобрения, в комплексе с ней были внесены азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. на одну тонну побочной продукции. В 2020 г. после уборки однолетних трав на вариантах с сидеральным паром был произведен промежуточный посев сидеральных культур согласно схеме опыта. Заделка наземной массы сидератов после обработки их биодеструктором была проведена в октябре. В 2021 г. в опыте возделывалась яровая пшеница Гранни. Содержание водопрочных агрегатов определялось в пахотном слое по методу Н. И. Саввинова.

Содержание водопрочных агрегатов в агроценозе яровой пшеницы в период ее уборки в 2021 году на контрольном варианте равнялось 44,8 %, превышая исходное значение на 9,6 % (табл. 1).

Таблица 1. Влияние элементов биологического земледелия на содержание водопрочных агрегатов в почве, %

Вариант	Исходные значения, 2017 г.	2021 г.		
		агрегаты > 0,25 мм	отклонение от исходного	отклонение от контроля
Пар чистый (2017 г.)				
1. Навоз 8 т/га с.п. (контроль)	35,2	44,8	9,6	–
2. Навоз 8 т/га с.п. + биодеструктор стерни	34,9	49,0	14,1	4,5
Пар сидеральный (2017 г.) + промежуточная сидерация (2020 г.)				
3. Редька масличная (2017 г., 2020 г.)	35,0	49,4	14,4	4,8
4. Горчица белая (2017 г., 2020 г.)	35,8	47,8	12,0	2,4
5. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.)	34,8	50,4	15,6	6,0
6. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.)	34,9	50,9	16,0	6,4
7. Редька масличная (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	35,3	53,7	18,4	8,8
8. Горчица белая (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	34,6	50,5	15,9	6,3
9. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	35,2	54,2	19,3	9,7
10. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.) + биодеструктор стерни	35,1	54,8	19,9	10,3
НСР ₀₅				2,3

Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов на варианте с последствием навоза 8 т/га с. п. в комплексе с биодеструктором стерни в пахотном слое составляло 49,0 %. Увеличение по отношению к исходному значению равнялось 14,1 %, а по отношению к контролю 4,5 %.

На фоне одностороннего последствия самостоятельной и действия промежуточной сидерации наиболее существенное влияние на формирование водопрочной структуры оказали бобовые сидераты

Содержание водопрочных агрегатов на их фоне составляло 50,4–50,9 %, превышая исходные значения на 15,6–16,0 %. Увеличение по отношению к контрольному варианту было достоверным и равнялось 6,0–6,4 %. Капустные сидераты повышали количество водопрочных агрегатов по отношению к исходному содержанию на 12,0–14,4 %, а по отношению к контролю на 2,4–4,8 %.

Использование капустных сидератов при самостоятельной и промежуточной сидерации в комплексе с биодеструктором стерни повышало содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое по отношению к исходному на 15,9–18,4 %, а по отношению к контролю на 6,3–8,8 %. Содержание водопрочных агрегатов на этих вариантах опыта в агроценозе яровой пшеницы равнялось 50,5–53,7 %. Бобовые сидераты в комплексе с биодеструктором стерни увеличивали содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое по отношению к исходным значениям на 19,3–19,9 %, а по отношению к контролю на 9,7–10,3 %. Содержание водопрочных агрегатов на их фоне изменялось в интервале от 54,2 до 54,8 %.

Как свидетельствуют данные табл. 2, увеличение количества водопрочных агрегатов при использовании навоза, сидератов и их сочетаний с биодеструктором стерни произошло за счет повышения количества структурных агрегатов размером от 0,5 до 1 мм и от 0,5 до 0,25 мм.

Таблица 2. Влияние элементов биологического земледелия на фракционный состав водопрочных агрегатов, %

Вариант	2017 г. (исходные значения)			2021 г.		
	размер агрегатов, мм					
	>1	1–0,5	0,5–0,25	>1	1–0,5	0,5–0,25
Пар чистый (2017 г.)						
1. Навоз 8 т/га с.п. (контроль)	4,7	7,0	23,5	5,0	10,6	29,2
2. Навоз 8 т/га с.п. + биодеструктор стерни	4,5	6,8	23,6	5,0	12,0	32,0
Пар сидеральный (2017 г.) + промежуточная сидерация (2020 г.)						
3. Редька масличная (2017 г., 2020 г.)	4,7	6,9	23,4	5,1	11,9	32,4
4. Горчица белая (2017 г., 2020 г.)	4,9	7,2	23,7	5,2	11,5	31,1
5. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.)	4,5	6,7	23,6	5,1	12,3	33,0
6. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.)	4,8	6,8	23,3	5,0	12,6	33,3
7. Редька масличная (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	5,0	6,9	23,4	5,1	13,9	34,7
8. Горчица белая (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	4,7	6,8	23,1	5,2	13,4	31,9
9. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	4,8	7,2	23,9	5,0	14,2	35,0
10. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.) + биодеструктор стерни	4,8	7,0	23,3	5,1	14,5	35,2

Перед закладкой опыта в 2017 г. количество водопрочных агрегатов крупнее 1 мм изменялось по вариантам опыта от 4,5 до 5,0 %. В период уборки яровой пшеницы в 2021 г. содержание водопрочных агрегатов этой фракции существенно не изменилось и варьировало по вариантам опыта от 5,0 до 5,2 %.

Содержание водопрочных агрегатов размером от 0,5 до 1 мм перед закладкой опыта изменялось по вариантам от 6,7 до 7,2 %. В агроценозе яровой пшеницы в 2021 г. на вариантах с односторонним использованием навоза и сидератов количество агрегатов этой фракции возросло до 10,6–12,6 %, а в комплексе с биодеструктором стерни – до 12,0–14,5 %.

Перед закладкой опыта в 2017 г. количество водопрочных агрегатов крупнее 1 мм изменялось по вариантам опыта от 4,5 до 5,0 %. В период уборки яровой пшеницы в 2021 г. содержание водопрочных агрегатов этой фракции существенно не изменилось и варьировало по вариантам опыта от 5,0 до 5,2 %.

Содержание водопрочных агрегатов размером от 0,5 до 1 мм перед закладкой опыта изменялось по вариантам от 6,7 до 7,2 %. В агроценозе яровой пшеницы в 2021 г. на вариантах с односторонним использованием навоза и сидератов количество агрегатов этой фракции возросло до 10,6–12,6 %, а в комплексе с биодеструктором стерни – до 12,0–14,5 %.

Количество водопрочных агрегатов размером от 0,25 до 0,5 мм в 2017 г. варьировало в пахотном слое от 23,1 до 23,9 %. Количество агрегатов этой фракции в период уборки яровой пшеницы в 2021 г. на контрольном варианте составило 29,2 %, превышая исходное значение на 5,7 %. На фоне комплексного последействия навоза с биодеструктором стерни содержание агрегатов размером от 0,25 до 0,5 мм равнялось 32,0 %, превышая исходное значение на 8,4 % и контроль на 2,8 %. На фоне одностороннего использования сидератов содержание водопрочных агрегатов размером от 0,25 до 0,5 мм варьировало в интервале от 31,1 до 33,3 %, превышая исходное содержание на 7,4–10,0 %.

В период уборки яровой пшеницы содержание водопрочных агрегатов размером от 0,25 до 0,5 мм на вариантах с использованием сидератов в комплексе с биодеструктором стерни варьировало в пределах от 31,9 до 35,2 %, превышая их исходное содержание на 8,8–11,9 %.

Таким образом, наиболее существенное влияние на содержание водопрочных агрегатов в агроценозе яровой пшеницы оказало последствие использования навоза в комплексе с биодеструктором стерни, одностороннее использование сидератов и их использование в комплексе с биодеструктором стерни. Количество водопрочных агрегатов на их фоне возросло по отношению к исходному на 12,0–19,9 %. Максимальное увеличение общего количества водопрочных агрегатов в пахотном слое связано в основном с увеличением количества водопрочных агрегатов размером от 1,0 до 0,25 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузин, Е. Н. Известкование и структура почв / Е. Н. Кузин // Вопросы известкования почв: сборник статей. – Москва, 2002. – С. 106–108.
2. Куликова, А. Х. Повышение эффективности использования соломы и сидерата в системе удобрения озимой пшеницы / А. Х. Куликова, Е. А. Яшин, А. Е. Яшин // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2016. – № 3. – С. 20–24.
3. Лебедева, Т. Б. Зеленое удобрение в земледелии правобережной лесостепи Среднего Поволжья / Т. Б. Лебедева. – Пенза, 2007. – 172 с.
4. Ломов, С. П. Осадки сточных вод г. Пензы и структурное состояние черноземов выщелоченных / С. П. Ломов, Е. Н. Кузин, Ю. А. Ильвачев // Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава и специалистов сельского хозяйства. – Пенза, 1997. – С. 106–107.
5. Персикова, Т. Ф. Эффективность применения бактериальных препаратов при возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Т. Ф. Персикова, М. Л. Радкевич // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции. – Краснодар, 2018. – С. 499–501.

УДК 552.581+631.86+631.432

ПОСЛЕДСТВИЕ ДИАТОМИТА И ЕГО СОЧЕТАНИЙ С ПТИЧЬИМ ПОМЕТОМ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ АГРОЦЕНОЗОМ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ

К. Ю. КОВАЛЬСКИЙ, аспирант,
А. Н. АРЕФЬЕВ, д-р с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Пензенской государственной аграрный университет»,
г. Пенза, Российская Федерация

Наиболее существенное влияние на формирование запаса продуктивной влаги в метровом слое серой лесной почвы оказало последствие диатомита нормами 8 и 10 т/га в комплексе с птичьим пометом. Диатомит в комплексе с птичьим пометом обеспечивал более рациональное использование влаги агроценозом однолетних трав.

Ключевые слова: серая лесная почва, диатомит, птичий помет, однолетние травы, запас продуктивной влаги, коэффициент водопотребления.

Вовлечение в сельскохозяйственное производство местных более дешевых агроруд определяется тем, что они обладают качественными показателями, ценными с агрономической точки зрения, в том числе способствующими улучшению водно-физических свойств почвы. В связи с этим изучение возможности использования местных кремнийсодержащих агроруд в качестве удобрений является актуальным. Важное значение в повышении эффективности при использовании местных кремнийсодержащих агроруд в качестве удобрений имеет сочетание их с органическими удобрениями [1–5].

Цель исследований заключалась в изучении последствия различных норм диатомита и их сочетаний с птичьим пометом на формиро-

вание запаса продуктивной влаги в серой лесной почве и эффективность ее использования растениями.

Для достижения поставленной цели был заложен полевой опыт по следующей схеме:

1. Без диатомита и птичьего помета (контроль);
2. Птичий помет 10 т/га;
3. Диатомит 4 т/га;
4. Диатомит 6 т/га;
5. Диатомит 8 т/га;
6. Диатомит 10 т/га;
7. Диатомит 4 т/га + птичий помет 10 т/га;
8. Диатомит 6 т/га + птичий помет 10 т/га;
9. Диатомит 8 т/га + птичий помет 10 т/га;
10. Диатомит 10 т/га + птичий помет 10 т/га.

Повторность опыта трехкратная, делянки в опыте размещены методом рендомизированных повторений. В опыте в качестве кремнийсодержащего удобрения использовался диатомит Коржевского месторождения, расположенного в Никольском районе Пензенской области. В качестве органических удобрений использовался птичий помет. Диатомит и птичий помет были внесены под основную обработку почвы.

Как свидетельствуют результаты исследований, запас продуктивной влаги на варианте без диатомита и птичьего помета составлял перед посевом многолетних трав в 2021 г. в слое почвы 0–30 см 29,8 мм и в метровом слое почвы 124,3 мм (табл. 1).

Таблица 1. Запас продуктивной влаги, мм

Вариант	Перед посевом		В период уборки	
	Слой почвы, см			
	0–30	0–100	0–30	0–100
1. Без диатомита и птичьего помета (контроль)	29,8	124,3	7,6	27,3
2. Птичий помет 10 т/га	31,2	126,0	6,3	25,7
3. Диатомит 4 т/га	30,9	125,4	7,6	28,7
4. Диатомит 6 т/га	31,7	126,4	7,8	27,8
5. Диатомит 8 т/га	31,9	126,9	8,0	28,2
6. Диатомит 10 т/га	32,1	127,1	8,0	27,9
7. Диатомит 4 т/га + птичий помет 10 т/га	31,6	126,5	6,9	27,1
8. Диатомит 6 т/га + птичий помет 10 т/га	32,4	127,5	6,8	27,0
9. Диатомит 8 т/га + птичий помет 10 т/га	33,3	129,2	5,7	25,2
10. Диатомит 10 т/га + птичий помет 10 т/га	34,8	131,0	5,3	25,0
НСР ₀₅	1,7	4,3	0,6	1,5

На фоне одностороннего последействия 10 т/га птичьего помета запас продуктивной влаги в начале вегетации однолетних трав в пахотном слое равнялся 31,2 мм, в метровом слое 126,0 мм. Различие с контрольным вариантом было недостоверным.

На фоне последействия диатомита и его сочетаний с птичьим пометом запас продуктивной влаги перед посевом однолетних трав изменялся в слое почвы 0–30 см в пределах от 30,9 до 34,8 мм, в метровом слое от 125,4 до 131,0 мм.

Достоверное увеличение запаса продуктивной влаги в пахотном слое было отмечено на вариантах с односторонним последействием диатомита нормами 6 и 10 т/га и на вариантах с последействием диатомита нормами от 4 до 10 т/га в комплексе с птичьим пометом, в метровом слое почвы достоверное увеличение запаса продуктивной влаги обеспечивало последействие диатомита нормами 8 и 10 т/га в комплексе с птичьим пометом.

В период уборки однолетних трав в 2021 году запас продуктивной влаги в пахотном слое на контрольном варианте составлял 7,6 мм и в метровом слое почвы 27,3 мм. Последействие птичьего помета нормой 10 т/га достоверно снижало запас продуктивной влаги в пахотном слое в агроценозе однолетних трав на 1,3 мм и в метровом слое на 1,6 мм.

В агроценозе однолетних трав запас продуктивной влаги на фоне одностороннего последействия диатомита в пахотном и метровом слоях почвы был на уровне контрольного варианта и варьировал в первом случае от 7,6 до 8,0 мм, во втором от 27,8 до 28,7 мм. На вариантах с последействием диатомита в комплексе с птичьим пометом запас продуктивной влаги в пахотном слое изменялся в пределах от 5,3 до 6,9 мм, в метровом слое от 25,0 до 27,1 мм. Различия с контрольным вариантом в пахотном слое были достоверными и равнялись 1,3–2,3 мм. В метровом слое почвы достоверное снижение запаса продуктивной влаги было отмечено на фоне последействия диатомита нормами 8 и 10 т/га в комплексе с птичьим пометом.

Увеличивая запасы продуктивной влаги в почве за счет осенне-зимних осадков, диатомит и его сочетания с птичьим пометом способствовали формированию более высокой урожайности однолетних трав, что снижало коэффициент водопотребления.

В условиях 2021 года на создание одной тонны сена однолетних трав на контрольном варианте было израсходовано 267,6 м³ воды (табл. 2).

Таблица 2. Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления в агроценозе однолетних трав

Вариант	Водопотребление		Коэффициент водопотребления	
	м ³ /га	отклонение от контроля, м ³ /га	м ³ /т	отклонение от контроля, м ³ /т
1. Без диатомита и птичьего помета (контроль)	1991	–	267,6	–
2. Птичий помет 10 т/га	2024	33	226,9	40,7
3. Диатомит 4 т/га	1988	-3	260,2	7,4
4. Диатомит 6 т/га	2007	16	256,0	11,6
5. Диатомит 8 т/га	2008	17	230,5	37,1
6. Диатомит 10 т/га	2013	22	247,6	20,0
7. Диатомит 4 т/га + птичий помет 10 т/га	2015	34	220,2	47,4
8. Диатомит 6 т/га + птичий помет 10 т/га	2026	35	217,4	50,2
9. Диатомит 8 т/га + птичий помет 10 т/га	2061	70	202,5	65,1
10. Диатомит 10 т/га + птичий помет 10 т/га	2081	90	216,5	51,1
НСР ₀₅		118		10,1

На фоне последствия птичьего помета нормой 10 т/га для создания одной тонны сена однолетних трав было израсходовано на 40,7 м³ воды меньше, чем на контроле. Коэффициент водопотребления на этом варианте составлял 226,9 м³/т.

На фоне одностороннего последствия диатомита, в зависимости от его нормы, коэффициент водопотребления был ниже контроля на 7,4–37,1 м³/т и варьировал в интервале от 230,5 до 260,2 м³/т.

Наиболее существенное влияние на снижение коэффициента водопотребления оказало последствие диатомита в комплексе с птичьим пометом. Коэффициент водопотребления на их фоне был ниже контроля на 47,4–65,1 м³/т и изменялся в пределах от 202,5 до 220,2 м³/т.

Таким образом, наиболее существенное влияние на формирование запаса продуктивной влаги в метровом слое серой лесной почвы за счет осенне-зимних осадков оказало последствие диатомита нормами 8 и 10 т/га в комплексе с птичьим пометом. Диатомит в комплексе с птичьим пометом обеспечивал более рациональное использование влаги агроценозом однолетних трав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арефьев, А. Н. Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при повторном использовании биомелиорантов / А. Н. Арефьев // Нива Поволжья. – 2007. – № 4 (5). – С. 1–6.

2. Гришин, Г. Е. Изменение урожайности и водопотребления растений под влиянием цеолита и удобрений / Г. Е. Гришин, Е. Е. Кузина // Нива Поволжья. – 2008. – № 2 (7). – С. 6–9.

3. Куликова, А. Х. Эффективность использования диатомита и его смесей с куриным пометом в качестве удобрения сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова, Е. А. Яшин // Вестник УГСХА. – 2008. – № 1. – С. 3–11.

4. Перскова, Т. Ф. Изменение агрохимических показателей, агрофизических и водных свойств по профилю дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава при применении куриного помета / Т. Ф. Перскова, М. В. Царева // Энтузиасты аграрной науки: сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина и 80-летию члена-корреспондента РАН Кудеярова Валерия Николаевича. – 2019. – С. 280–288.

5. Перскова, Т. Ф. Оценка физических и водных свойств дерново-подзолистой почвы при внесении куриного помета / Т. Ф. Перскова, М. В. Царева // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. эколог. конф., посвящ. Году науки и технологий. – Краснодар, 2021. – С. 69–72.

УДК 631.454

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНТЕНСИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ГАЗОННЫХ ТРАВ

П. С. КОРОЛЕВ,

Д. Д. ГОССЕ, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник

МГУ им. М. В. Ломоносова
г. Москва, Российская Федерация

В условиях полевого опыта, проведенного на длительно эксплуатируемом газоне, изучено влияние новых комплексных удобрений с разным содержанием элементов минерального питания растений на биомассу и декоративные качества газонных трав. В опыте оценивали влияние подкормок комплексными удобрениями на изменение динамики биомассы и содержание основных фотосинтетических пигментов.

Ключевые слова: комплексные удобрения, газонные травы, городские газоны, содержание фотосинтетических пигментов

Оценку декоративных характеристик газонных трав можно осуществлять по многим визуальным параметрам, но наиболее достоверным и информативным признаком служит содержание фотосинтетических пигментов. Это относительно динамичный показатель, так как он может зависеть от климатических условий и степени обеспеченности растений макро- и микроэлементами. Высокая интенсивность окраски заметно повышает декоративные свойства газонных трав. Основными фотосинтетическими пигментами в растениях являются хлорофилл а, b

и каротиноиды. Азот является основным питательным элементом, входящим в состав молекулы хлорофиллов и обеспечивающим его постоянный синтез. Дефицит нитратной формы азота подавляет синтез соединений-предшественников хлорофилла в хлоропластах [1].

Внесение комплексных удобрений позволяет стимулировать рост биомассы растений и повышение концентрации фотосинтетических пигментов в них [2].

Исследование возможности увеличения декоративных качеств газонных трав при использовании новых комплексных удобрений было начато в 2020 г. на городском газоне, находившемся в эксплуатации 5 лет. Состояние газона на момент закладки опыта: на 15–20 % площади опытного участка травостой был сильно изрежен, что связано с неправильной агротехникой – редкие стрижки, отсутствие внесения удобрений и средств защиты растений. Газон был засорен сорной растительностью (сныть, одуванчик, лютик, подорожник) и мхом на участках с изреженной растительностью, отмечено наличие грибных заболеваний трав. До внесения минеральных удобрений поверхность газона была очищена от прошлогодней травы, травяного войлока и мха. Сорная растительность была обработана гербицидом («August Деймос»), на участках с изреженной растительностью был произведен подсев газонных трав.

Площадь опытных делянок составляла 4 м², повторность опыта трехкратная. Для анализа содержания основных фотосинтетических пигментов образцы газонных трав отбирали раз в месяц. Стрижку газоны проводили регулярно по мере достижения растениями высоты 7–8 см, высота стрижки – 5 см. В опыте исследовалась эффективность четырех форм комплексных удобрений, вносимых в двух дозах.

1. Универсал NPK + MgO + S + TE – 18:18:18 + 3MgO + TE (далее Универсал + МЭ);
2. Азофоска NPKS – 27:6:6:2;
3. Нитроаммофоска NPKS – 21:10:10:2;
4. Нитрофоска NPK – 15:15:15.

В 2020 году удобрения в опыте вносили поверхностно дважды, расчет доз всех удобрений производили по азоту. В опыте было два блока. В первом блоке в почву в два приема было внесено 60 кг/га азота, во втором блоке – 120 кг/га азота. В 2021 г. на тех же вариантах аналогичные дозы комплексных удобрений внесены в 4 приема с интервалом в один месяц.

Общее содержание хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов в свежих образцах газонных трав определяли количественно извлечением пигментов в день отбора проб травы с помощью 100 % ацетона и последующего измерения на фото-электрокалориметре. Для каждого

пигмента использовались индивидуальные калибровочные кривые. После измерения содержание фотосинтетических пигментов рассчитывали в мг/г зеленой биомассы [3]. Для расчета величины биомассы образцы растений отбирались раз в месяц. Задача опыта заключалась в изучении эффективности доз и форм новых комплексных минеральных удобрений на городских газонах.

Почва опыта имела близкое к нейтральному значение актуальной кислотности. Концентрация сильных электролитов согласно проведенному измерению электропроводности водных вытяжек была оптимальной. Почва была хорошо обеспечена фосфором и калием, слабо обеспечена потенциально доступными для растений формами меди и загрязнена цинком.

Проведение подкормок комплексными удобрениями обуславливало увеличение плотности стояния газонных трав и как следствие их биомассу. Лето 2021 г. характеризовалось высокими среднесуточными температурами согласно измеренному гидротермическому коэффициенту Селянинова. Июнь, июль и август можно охарактеризовать как очень засушливый, сухой и слабозасушливый месяцы. Погодные характеристики не могли не сказаться на росте и развитии газонных трав. После отбора образцов газонных трав в июне 2021 г. можно утверждать, что по эффективности влияния удобрений на биомассу растений их можно расположить в следующей последовательности: нитроаммофоска ($N_{60}P_{28}K_{28}$) > Нитрофоска ($N_{60}P_{60}K_{60}$) > Универсал + МЭ ($N_{60}P_{60}K_{60}$) > Азофоска ($N_{30}P_{12}K_{12}$). Наименьшая эффективность была отмечена при внесении азофоски и можно предположить, что это вызвано низким содержанием в ней фосфора и калия. Содержание фотосинтетических пигментов ранжировалось следующим образом: Азофоска ($N_{30}P_{12}K_{12}$) > Нитрофоска ($N_{60}P_{60}K_{60}$) > Нитроаммофоска ($N_{60}P_{60}K_{60}$) > Универсал + МЭ ($N_{60}P_{60}K_{60}$) (таблица).

Влияние форм и доз минеральных удобрений на содержание фотосинтетических пигментов в листьях и биомассу газонных трав

Варианты опыта	кг/га	Июнь 2021 г.		Июль 2021 г.	
		Сумма хлорофилла + Хлорофилл b, мг/г	Величина биомассы газонных трав, г/м ²	Сумма хлорофилла + Хлорофилл b, мг/г	Величина биомассы газонных трав, г/м ²
1	2	3	4	5	6
Контроль	–	1,76	81	1,26	100
Универсал + МЭ	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,81	170	1,26	119,5
Азофоска	$N_{30}P_6K_6$	1,96	142,5	1,54	110
Нитроаммофоска	$N_{30}P_{14}K_{14}$	2,01	188,75	1,45	173
Нитрофоска	$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,07	165,83	1,6	132,25

1	2	3	4	5	6
Универсал + МЭ	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,84	187,5	1,36	136
Азофоска	N ₆₀ P ₁₂ K ₁₂	2,24	160	1,93	130
Нитроаммофоска	N ₆₀ P ₂₈ K ₂₈	2,12	201,5	1,55	198,13
Нитрофоска	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,2	200,83	1,86	139,63
НСР _{0,05}		0,04	2,54	0,03	5,28

В июле 2021 г. биомасса газонных трав снизилась на всех вариантах опыта, что связано с аномально высокими температурами. При измерении содержания пигментов в образцах газонных трав в июле наблюдалось закономерное снижение их концентрации по сравнению с результатами, полученными в июне 2021 г.

Максимальное снижение отмечали в вариантах с внесением удобрения Универсал + МЭ (одинарная и двойная доза азота, на 30,4 и 26,1 % соответственно по сравнению с результатами за июнь 2021 г.). Визуальная оценка состояния газонных трав в июле позволила выявить наличие солнечных ожогов и пожелтения на вариантах опыта с применением обеих доз удобрения Универсал + МЭ. Подобный эффект можно объяснить наличием в составе данного удобрения большого количества аммиачной формы азота и наличием в его составе хелата цинка. Применение комплексных удобрений, содержащих хелаты нескольких микроэлементов, в том числе и хелата цинка, на почвах с высоким уровнем его содержания, вероятно являлось основной причиной снижения эффективности данного удобрения, что особенно ярко проявилось в засушливый период. На остальных вариантах подобное изменение окраски листьев отмечено не было, хотя по сравнению с июнем содержание хлорофилла в листьях снизилось на всех вариантах. Минимальное снижение концентрации фотосинтетических пигментов в июле отмечено на варианте с внесением двойной дозы Азофоски и Нитрофоски (13 и 15 % соответственно) по сравнению с аналогичными результатами, полученными в июне.

В конце сентября был осуществлен последний отбор проб газонных трав для анализа пигментов. Для данного срока отбора характерно снижение накопления биомассы на всех вариантах опыта и количества фотосинтетических пигментов, что связано с низкими значениями среднесуточных температур и сокращением продолжительности светового дня. На всех вариантах опыта отмечено снижение суммы хлорофилла а и в. На варианте с внесением одинарной и двойной дозы удобрения Универсал + МЭ в противоположность засушливому периоду растения отличались высоким содержанием пигментов. Входящая в состав удобрения Универсал + МЭ медь позволяет растениям увели-

чивать синтез и устойчивость молекул хлорофилла, а также резистентность к грибным заболеваниям. Имеющиеся литературные данные позволяют предположить, что внесение двойной дозы удобрения Универсал + МЭ повышает устойчивость фотосинтетического аппарата у газонных трав при низких температурах воздуха.

Проведенный опыт позволяет утверждать, что использование комплексных удобрений в виде подкормок обеспечивает повышение декоративных свойств газонных трав на длительно эксплуатируемых газонах в условиях города. Внесение всех удобрений оказало положительное воздействие на рост и развитие газонных трав. Дробное внесение удобрений обеспечивало их устойчивость к высоким среднесуточным температурам и вытаптыванию. Оптимальной дозой для внесения и обеспечения питания и декоративных свойств газонных трав служит дробное внесение минеральных удобрений в дозе 120 кг д. в. по азоту.

Применение в качестве подкормки газонных трав удобрения Универсал + МЭ малоэффективно и нецелесообразно вследствие его агрегатного состояния. Максимальную эффективность на развитие биомассы оказало внесение удобрения Нитроаммофоска (120 кг/га азота). Максимальную эффективность на содержание фотосинтетических пигментов оказало внесение удобрения Азофоска (120 кг/га азота).

Исследование выполнено в рамках научного проекта «Разработка и оценка комплекса инновационных агрохимических препаратов, мелиорантов и регуляторов роста в условиях агро-, техногенеза и городской среды».

ЛИТЕРАТУРА

1. C.S.T Daughtry, C. L. Walthall, M. S Kim, E. Brown de Colstoun, J. E McMurtrey. Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance, Remote Sensing of Environment, Volume 74, Issue 2. – 2000. pp. 229–239.
2. B. Wen, Chen Li, X. Fu, D.i Li, L.Li, X, Chen, et all. Effects of nitrate deficiency on nitrate assimilation and chlorophyll synthesis of detached apple leaves, Plant Physiology and Biochemistry. – Vol. 142. – 2019. – P. 363–371.
3. Коробко, В. В. Большой практикум по физиологии растений / В. В. Коробко, М. Ю. Касаткин. – Саратов: СГУ, 2017. – 103 с.

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗАПАСА ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОЦЕНОЗОМ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Е. Н. КУЗИН, д-р с.-х. наук, профессор,
К. Ю. КИСЕЛЕВА, аспирант

ФГБОУ ВО «Пензенской государственной аграрный университет»,
г. Пенза, Российская Федерация

Последствие навоза, последствие самостоятельной и прямое действие промежуточной сидерации в комплексе с биодеструктором стерни оказали наиболее существенное влияние на формирование запаса продуктивной влаги в почве за счет осенне-зимних осадков и более рациональное ее использование агроценозом яровой пшеницы.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, навоз, сидераты, биодеструктор стерни, продуктивная влага, коэффициент водопотребления.

В природно-климатических условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья одним из лимитирующих факторов формирования урожая зерновых культур является влага. Основной запас влаги в почвах региона формируется за счет осенне-зимних осадков. В связи с этим актуальным является разработка и внедрение в сельскохозяйственную практику агротехнических приемов, направленных на накопление продуктивной влаги за счет осенне-зимних осадков, ее сохранение в течение вегетационного периода и рациональное использование сельскохозяйственными культурами. В научной литературе имеется большое количество данных, подтверждающих положительное влияние навоза, сидератов, побочной продукции культур севооборотов и биологических препаратов на повышение водоудерживающей способности, накопление и эффективное использование влаги сельскохозяйственными культурами [1–5].

Цель исследований заключалась в изучении влияния элементов биологического земледелия на накопление влаги в лугово-черноземной почве и ее рациональное использование растениями.

Для достижения поставленной цели на лугово-черноземной выщелоченной малогумусной среднemocной почве в 2017 г. был заложен полевой опыт по следующей схеме:

Пар чистый (2017 г.)
1. Навоз 8 т/га с.п. (контроль)
2. Навоз 8 т/га с.п. + биодеструктор стерни
Пар сидеральный (2017 г.) + промежуточная сидерация (2020 г.)
3. Редька масличная (2017 г., 2020 г.)
4. Горчица белая (2017 г., 2020 г.)

5. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.)
6. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.)
7. Редька масличная (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
8. Горчица белая (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
9. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
10. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.) + биодеструктор стерни

Повторность опыта трехкратная. Варианты в опыте размещены методом рендомизированных повторений. На вариантах с использованием биодеструктора стерни почва, навоз и зеленая масса измельченных сидеральных культур (2017, 2020 гг.) и измельченные стебли кукурузы (2019 г.) обрабатывались биодеструктором стерни нормой 1 л/га в комплексе с аммиачной селитрой нормой 10 кг д. в. на гектар. Норма расхода рабочего раствора составляла 300 л/га. На контроле и на вариантах без использования биодеструктора почва обрабатывалась раствором аммиачной селитры из расчета 10 кг/га д. в., при норме рабочего раствора 300 л/га. В опыте использовался биодеструктор стерни (Биокомплекс БТУ), предназначенный для обработки стерни, других послеуборочных остатков и почвы. После уборки озимой пшеницы в 2018 году и после уборки кукурузы в 2019 г. побочная продукция была использована в качестве органического удобрения, в комплексе с ней были внесены азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. на одну тонну побочной продукции. В 2020 г. после уборки однолетних трав на вариантах с сидеральным паром был произведен промежуточный посев сидеральных культур согласно схеме опыта. Заделка наземной массы сидератов после обработки их биодеструктором была проведена в октябре. В 2021 г. в опыте возделывалась яровая пшеница Гранни. Запас продуктивной влаги и водопотребление растений определялись расчетным методом по А. Н. Костякову.

Перед посевом яровой пшеницы в 2021 г. запас продуктивной влаги на контрольном варианте в пахотном слое составлял 26,1 мм, в слое почвы 0–100 см – 120,4 мм. На фоне последствия навоза в комплексе с биодеструктором стерни запас продуктивной влаги перед посевом яровой пшеницы в слое почвы 0–30 см равнялся 29,2 мм, а в метровом слое – 126,3 мм, достоверно превышая контроль на 3,1 и 5,9 мм соответственно (таблица).

На вариантах с односторонним использованием самостоятельной и промежуточной сидерации запас продуктивной влаги в пахотном слое составлял 27,2–29,0 мм, в метровом слое почвы – 123,6–128,2 мм. Достоверное увеличение запаса продуктивной влаги за счет осадков холодного периода года в данном случае обеспечивали редька масличная и бобовые сидераты.

Влияние элементов биологического земледелия на запас продуктивной влаги, мм

Вариант	Перед посевом		В период уборки	
	Слой почвы, см			
	0–30	0–100	0–30	0–100
Пар чистый (2017 г.)				
1. Навоз 8 т/га с.п. (контроль)	26,1	120,4	18,4	107,1
2. Навоз 8 т/га с.п. + биодеструктор стерни	29,2	126,3	16,6	105,1
Пар сидеральный (2017 г.) + промежуточная сидерация (2020 г.)				
3. Редька масличная (2017 г., 2020 г.)	28,7	125,5	16,4	103,6
4. Горчица белая (2017 г., 2020 г.)	27,2	123,6	16,9	106,6
5. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.)	28,9	127,0	15,0	102,3
6. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.)	29,0	128,2	14,8	101,7
7. Редька масличная (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	31,5	129,4	13,2	100,2
8. Горчица белая (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	29,4	126,4	14,2	101,8
9. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	31,9	132,9	12,5	98,9
10. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.) + биодеструктор стерни	32,4	134,4	12,2	98,1
НСР ₀₅	1,9	4,9	1,0	4,8

На фоне последствия самостоятельной и прямого действия промежуточной сидерации в комплексе с биодеструктором стерни запас продуктивной влаги перед посевом яровой пшеницы варьировал в пахотном слое в интервале от 29,4 до 32,4 мм, в метровом слое почвы – от 126,4 до 134,4 мм. Увеличение по отношению к контрольному варианту было достоверным и изменялось в слое почвы 0–30 см от 3,3 до 6,3 мм, в слое почвы 0–100 см от 6,0 до 14,0 мм.

В период уборки запас продуктивной влаги в агроценозе яровой пшеницы на контрольном варианте составлял в пахотном слое 18,4 мм, в метровом слое почвы – 107,1 мм (таблица).

На фоне последствия навоза нормой 8 т/га с.п. в комплексе с биодеструктором стерни запас продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см равнялся 16,6 мм, в метровом слое почвы – 105,1 мм. Снижение по отношению к контролю составляло в пахотном слое 1,8 мм, в слое почвы 0–100 см – 2,0 мм.

На вариантах с последствием самостоятельной и прямым действием промежуточной сидерации запас продуктивной влаги был ниже контрольного варианта в слое почвы 0–30 см на 1,5–3,6 мм, в метровом слое на 0,4–5,4 мм и изменялся от 14,8 до 16,9 мм и от 101,7 до 106,6 мм соответственно.

Запас продуктивной влаги в агроценозе яровой пшеницы в период ее уборки на вариантах с последствием самостоятельной и прямым действием промежуточной сидерации в комплексе с биодеструктором стерни составлял в пахотном слое 12,2–13,2 мм, в метровом слое 98,1–101,8 мм. Снижение по отношению к контролю было достоверным и равнялось в пахотном слое 2,2–6,2 мм, в метровом слое 5,3–9,0 мм.

Как показали исследования, на контрольном варианте для формирования одной тонны зерна яровой пшеницы в условиях 2021 года было израсходовано 592,9 м³ воды.

На варианте с последствием навоза в комплексе с биодеструктором стерни для создания одной тонны зерна яровой пшеницы было использовано 550,6 м³ воды. Отклонение от контроля было достоверным и составляло 42,3 м³/т.

Коэффициент водопотребления яровой пшеницы на фоне одностороннего последствия самостоятельной и прямого действия промежуточной сидерации варьировал в пределах от 554,3 до 579,4 м³/т. Различия с контрольным вариантом изменялись в пределах от 13,5 до 38,6 м³/т. На фоне последствия самостоятельной и прямого действия промежуточной сидерации с использованием капустных сидератов в комплексе с биодеструктором стерни коэффициент водопотребления был ниже контроля на 41,5–42,0 м³/т и варьировал в интервале от 550,9 до 551,4 м³/т.

Наиболее эффективное использование влаги агроценозом яровой пшеницы обеспечивали последствие самостоятельной и прямое действие промежуточной сидерации бобовыми сидератами в комплексе с биодеструктором стерни. Коэффициент водопотребления яровой пшеницы на их фоне составлял 526,7–527,2 м³/т и был ниже контрольного варианта на 65,7–66,2 м³/т.

Из вышеизложенного можно сделать следующий вывод, что последствие навоза, последствие самостоятельной и прямое действие промежуточной сидерации в комплексе с биодеструктором стерни оказали наиболее существенное влияние на формирование запаса продуктивной влаги в лугово-черноземной почве за счет осенне-зимних осадков и способствовало более рациональному использованию влаги агроценозом яровой пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арефьев, А. Н. Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при повторном использовании биомелиорантов / А. Н. Арефьев // Нива Поволжья. – 2007. – № 4 (5). – С. 1–6.

2. Арефьев, А. Н. Влияние природных цеолитов на водоудерживающую способность и режим влажности чернозема выщелоченного / А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина, Е. Н. Кузин // Нива Поволжья. – 2016. – № 1 (38). – С. 2–9.

3. Кузин, Е. Н. Изменение плодородия чернозема выщелоченного и продуктивности сельскохозяйственных культур под действием полимерной мелиорации и удобрений / Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина. – Пенза, 2011. – 168 с.

4. Персикова, Т. Ф. Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на динамику накопления основных элементов питания в период вегетации и урожайность зерна проса / Т. Ф. Персикова, Ю. В. Коготко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 60–64.

5. Персикова, Т. Ф. Оценка физических и водных свойств дерново-подзолистой почвы при внесении куриного помета / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. эколог. конф., посвящ. году науки и технологий. – Краснодар, 2021. – С. 69–72.

УДК 631.431+633.11+631.147

ИЗМЕНЕНИЕ ОБЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В АГРОЦЕНОЗЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ АГРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Е. Е. КУЗИНА, канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Пензенской государственной аграрной университет»,
г. Пенза, Российская Федерация

Исследованиями установлено, что наиболее существенное влияние на плотность и пористость пахотного слоя лугово-черноземной выщелоченной почвы оказали сидераты, используемые в сочетании с биодеструктором стерни. Равновесная плотность на этих вариантах опыта составляла 1,25–1,28 г/см³, общая пористость 50,6–51,7 %.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, навоз, сидераты, биодеструктор стерни, плотность, пористость.

Сидераты в сочетании с навозом и другими органическими удобрениями, а также с биологическими препаратами, могут быть мощным средством оптимизации агрофизических свойств почв и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Сидераты – постоянно возобновляемый источник органического вещества. Преимущество сидератов заключается в том, что они являются более дешевым, по сравнению с навозом, удобрением [1–5].

Цель исследований заключалась в изучении влияния агробиологических приемов на общие физические свойства лугово-черноземной выщелоченной малогумусной среднетяжелой почвы.

Для реализации поставленной цели в первом агропочвенном районе Пензенской области в 2017 г. был заложен полевой опыт по следующей схеме:

Пар чистый (2017 г.)	
1.	Навоз 8 т/га с.п. (контроль)
2.	Навоз 8 т/га с.п. + биодеструктор стерни
Пар сидеральный (2017 г.) + промежуточная сидерация (2020 г.)	
3.	Редька масличная (2017 г., 2020 г.)
4.	Горчица белая (2017 г., 2020 г.)
5.	Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.)
6.	Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.)
7.	Редька масличная (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
8.	Горчица белая (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
9.	Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни
10.	Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.) + биодеструктор стерни

Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов в опыте рендомизированное. Заделка наземной массы сидератов проводилась в период цветения. На вариантах с использованием биодеструктора стерни почва, навоз и зеленая масса измельченных сидеральных культур (2017, 2020 гг.) и побочная продукция кукурузы (2019 г.) обрабатывались биопрепаратом из расчета 1 л/га. Рабочий раствор препарата готовился непосредственно перед обработкой. В рабочий раствор кроме биопрепарата добавляли аммиачную селитру из расчета 10 кг д. в. на гектарную норму. Норма расхода для обработки одного гектара составляла 300 л. На контроле и на вариантах без использования биодеструктора почва обрабатывалась раствором аммиачной селитры из расчета 10 кг/га д. в., при норме рабочего раствора 300 л/га. В опыте использовался биодеструктор стерни (Биокомплекс БТУ), предназначенный для обработки стерни, других послеуборочных остатков и почвы. После уборки озимой пшеницы в 2018 г. и после уборки кукурузы в 2019 г. побочная продукция (солома, стебли) была использована в качестве органического удобрения. Для снижения депрессивного действия побочной продукции на последующую культуру в комплексе с ней были внесены азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. на одну тонну побочной продукции. В 2020 г. после уборки однолетних трав на вариантах с сидеральным паром был произведен промежуточный посев сидеральных культур, согласно схеме опыта. Заделка наземной массы сидератов после обработки их биодеструктором была проведена в октябре. В 2021 г. в опыте возделывалась яровая пшеница Гранни. Плотность в пахотном слое определялась методом режущих колец, плотность твердой фазы почвы пикнометрическим методом, общая пористость расчетным методом. Одним из приемов поддержания оптимальной плотности и пористости почвы является применение органических удобрений, способствующих накоплению гумуса в почве и положительно влияющих на весь комплекс ее агрофизических свойств.

Перед посевом яровой пшеницы в 2021 году плотность в пахотном слое на контрольном варианте составляла 1,10 г/см³ (табл. 1).

Таблица 1. Влияние агробиологических приемов на плотность почвы, г/см³

Вариант	Перед посевом		В период уборки	
	плотность	отклонение от контроля	плотность	отклонение от контроля
Пар чистый (2017 г.)				
1. Навоз 8 т/га с.п. (контроль)	1,10	–	1,37	–
2. Навоз 8 т/га с.п. + биодеструктор стерни	1,06	–0,04	1,32	–0,05
Пар сидеральный (2017 г.) + промежуточная сидерация (2020 г.)				
3. Редька масличная (2017 г., 2020 г.)	1,05	–0,05	1,30	–0,07
4. Горчица белая (2017 г., 2020 г.)	1,06	–0,04	1,31	–0,06
5. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.)	1,05	–0,05	1,30	–0,07
6. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.)	1,04	–0,06	1,29	–0,08
7. Редька масличная (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	1,04	–0,06	1,26	–0,11
8. Горчица белая (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	1,04	–0,06	1,27	–0,09
9. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	1,02	–0,08	1,26	–0,11
10. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.) + биодеструктор стерни	1,01	–0,09	1,25	–0,12
НСР ₀₅		0,03		0,04

На вариантах с последствием самостоятельной сидерации и прямым действием промежуточной сидерации плотность пахотного слоя варьировала в пределах от 1,04 до 1,06 г/см³. Снижение по отношению к контролю было достоверным и составляло 0,04–0,06 г/см³.

На фоне последствия навоза в комплексе с биодеструктором плотность пахотного слоя равнялась 1,06 г/см³. Снижение по отношению к контрольному варианту было достоверным и составляло 0,04 г/см³. Сидераты в комплексе с биодеструктором стерни достоверно снижали плотность пахотного слоя на 0,06–0,09 г/см³.

В период уборки яровой пшеницы равновесная плотность в пахотном слое на контрольном варианте составляла 1,37 г/см³.

На фоне самостоятельной и промежуточной сидерации величина равновесной плотности равнялась 1,29–1,31 г/см³. Отклонение от контроля было достоверным и составляло 0,06–0,08 г/см³.

На фоне последствия навоза в комплексе с биодеструктором величина равновесной плотности составляла 1,32 г/см³ и была ниже контроля на 0,05 г/см³. Сидераты в комплексе с биодеструктором стерни достоверно снижали равновесную плотность в пахотном слое на 0,11–0,12 г/см³.

Перед посевом яровой пшеницы в 2021 году величина общей пористости по вариантам опыта изменялась в интервале от 57,5 до 61,0 %. Различия между вариантами были недостоверными (табл. 2).

Таблица 2. Влияние агробиологических приемов на пористость почвы, %

Вариант	Перед посевом		В период уборки	
	пористость	отклонение от контроля	пористость	отклонение от контроля
Пар чистый (2017 г.)				
1. Навоз 8 т/га с.п. (контроль)	57,5	–	47,1	–
2. Навоз 8 т/га с.п. + биодеструктор стерни	59,1	1,6	49,0	1,9
Пар сидеральный (2017 г.) + промежуточная сидерация (2020 г.)				
3. Редька масличная (2017 г., 2020 г.)	59,5	2,0	49,8	2,7
4. Горчица белая (2017 г., 2020 г.)	59,1	1,6	49,4	2,3
5. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.)	59,5	2,0	49,8	2,7
6. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.)	59,8	2,3	50,2	3,1
7. Редька масличная (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	59,8	2,3	51,4	4,3
8. Горчица белая (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	59,8	2,3	50,6	3,5
9. Кормовые бобы (2017 г., 2020 г.) + биодеструктор стерни	60,6	3,1	51,4	4,3
10. Люпин белый (2017 г.), вика яровая (2020 г.) + биодеструктор стерни	61,0	3,5	51,7	4,6
НСР ₀₅		3,6		3,2

В период уборки яровой пшеницы величина общей пористости на контрольном варианте и на варианте с односторонним использованием сидератов и навоза в комплексе с биодеструктором была равнозначной и изменялась в пределах от 47,1 до 50,2 %. Достоверное увеличение общей пористости было отмечено на вариантах с использованием сидератов в комплексе с биодеструктором стерни. Величина общей пористости на их фоне превышала контроль на 3,5–4,6 %, при значении НСР₀₅ равной 3,2 %.

Таким образом, в агроценозе яровой пшеницы сидераты в комплексе с биодеструктором стерни оказали более существенное влияние на разуплотнение пахотного слоя и увеличение пористости лугово-черноземной почвы. Величина равновесной плотности на их фоне варьировала от 1,25 до 1,28 г/см³, а величина общей пористости – от 50,6 до 51,7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, А. И. Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при использовании природных цеолитов и удобрений / А. И. Алексеев, Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина // Мичуринский агрономический вестник. – 2015. – № 1. – С. 7–17.
2. Кузина, Е. Е. Изменение общих физических свойств серой лесной почвы на фоне последствия природного цеолита и повторного внесения навоза / Е. Е. Кузина, Е. Н. Кузин // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА». – Пенза, 2011. – С. 31–32.
3. Куликова, А. Х. Повышение эффективности использования соломы и сидерата в системе удобрения озимой пшеницы / А. Х. Куликова, Е. А. Яшин, А. Е. Яшин // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2016. – № 3. – С. 20–24.
4. Персикова, Т. Ф. Эффективность применения бактериальных препаратов при возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Т. Ф. Персикова, М. Л. Радкевич // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: сб. статей по материалам Междунар. науч. экол. конф. – Краснодар, 2018. – С. 499–501.
5. Швед, И. М. Влияние способов основной обработки почвы и систем удобрения на агрофизические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / И. М. Швед, Е. Ф. Валейша // Вестник БГСХА. – 2015. – № 1. – С. 77–83.

УДК 633.11«321»:631.8:631.559

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

А. А. КУЛЕШОВА, аспирант

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Установлено положительное влияние микроудобрений, комплексных микроудобрений с регуляторами роста и регуляторов роста на урожайность и качество яровой пшеницы. Наиболее высокая урожайность зерна яровой пшеницы (69,7 ц/га) и максимальная окупаемость 1 кг НРК кг зерна (8,3 кг) получена при некорневой подкормке микроудобрением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{70}K_{120}+N_{30}+N_{30}$. Наиболее высокое содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы (13,6 и 13,3 %) отмечено в вариантах с применением минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}+N_{30}$. Наибольший выход сырого белка (7,4 ц/га), содержание

сырой клейковины (33,2 %) и масса 1000 зерен (39,7 г) были при применении микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$.

Ключевые слова: урожайность, качество, яровая пшеница.

По данным Международного исследовательского института продовольственной политики в США, с 1950 по 1984 гг. средняя урожайность зерновых в мире увеличивалась примерно на 4 %, а в конце прошлого столетия – только на 1 %. И этот показатель продолжает снижаться. Главными причинами отсутствия дальнейшего роста урожайности основных культур является изменение климата, недостаточное выпадение осадков и их неравномерное распределение. При этом повышенные дозы минеральных удобрений приводят к угнетению почвенной микрофлоры и как следствие – к снижению биологических показателей плодородия почвы.

Для организации эффективного минерального питания в настоящее время совместно с оптимальными дозами макроудобрений используются микроудобрения с регуляторами и стимуляторами роста на основе фитогармонов, что позволяет активировать процесс фотосинтеза. При этом в развитых государствах растет популярность микроэлементных удобрений, что обусловлено спросом на выровненную продукцию высокого качества, интенсификацией производства и более широким распространением точного земледелия [1].

Эффективность некорневых подкормок микроудобрениями подтверждается исследованиями М. В. Рака, С. А. Титовой, Е. Н. Пукаловой, Т. Г. Николаевой, А. В. Юхновец, Ю. А. Артюх (РУП «Институт почвоведения и агрохимии»). Исследования по изучению эффективности некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим проводили 2008, 2010–2011 гг. на озимой пшенице Кубус, яровой пшенице Рассвет в полевых опытах в СПК «Щомыслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В ОАО «Гастелловское» Минского района проведены исследования с яровой пшеницей Тома (2012–2013 гг.).

Внесение микроудобрения МикроСтим-Медь, Марганец в некорневые подкормки яровой пшеницы повышает урожайность зерна на 2,9–4,8 ц/га при рентабельности 202–212 %. Отмечается увеличение содержания белка на 1,1–1,5 %, клейковины – на 2,4–3,1 % [2].

В данных исследованиях изучается влияние новых форм микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество яровой пшеницы. Целью исследований является оптимизация системы удобрения яровой пшеницы на основе применения новых форм микроудобрений для некорневых подкормок и регуляторов роста.

Исследования проводили в 2018–2020 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» с яровой пшеницей сорта Бомбона на дерново-

подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лесовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная.

Пахотный горизонт характеризовался средним содержанием гумуса (1,5–1,6 %) и, слабокислой и близкой к нейтральной реакцией почвенной среде (рН_{KCl} 5,58–6,08), повышенным содержанием подвижного фосфора (208–244 мг/кг), средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием (174–231 мг/кг), низким и средним содержанием подвижной меди (1,46–1,76 мг/кг), низким и средним содержанием подвижного цинка (2,75–3,43 мг/кг).

В исследованиях применяли удобрения: карбамид (N–46 %), аммонизированный суперфосфат (N – 9 %, P₂O₅ – 30 %), хлористый калий (K₂O – 60 %); польское микроудобрение Адоб Медь (Cu – 6,14 %, N – 2,6 %); белорусское микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л (N – 65г/л; Cu – 78 г/л; гуминовые вещества – 0,6–5,0 г/л) и регулятор роста Экосил (50 г/л тритерпеновых кислот).

Некорневые подкормки комплексными и микроудобрениями проводили согласно инструкции по применению и отраслевому регламенту [3]. Уборка и учет урожая проводилась селекционным комбайном «Wintersteiger Delta» поделяночно.

Результаты исследований. В среднем за 2018–2020 гг. урожайность яровой пшеницы сорта Бомбона в варианте с применением N₆₀P₆₀K₉₀ по отношению к контролю возросла на 9,6 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK кг зерна составила 4,6 (табл. 1).

Таблица 1. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на урожайность зерна яровой пшеницы сорта Бомбона за 2018–2020 гг., ц/га

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га			Окупаемость 1 кг NPK зерном, кг
		к контролю	к фону		
			1	2	
1	2	3	4	5	6
Без удобрений	43,9	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	53,5	9,6	–	–	4,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид в фазу выхода в трубку – фон 1	58,0	14,1	–	–	5,9
Фон 1 +Адоб Медь (0,8 л/га) в фазу начала выхода в трубку	62,3	18,4	4,3	–	7,7
Фон 1 +Микростим Медь Л (0,7 л/га) в фазе начала выхода в трубку	63,8	19,9	5,8	–	8,3
Фон 1 + Экосил (75 мл/га) в фазу начала выхода в трубку	61,7	17,9	3,7	–	7,4

1	2	3	4	5	6
$N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30}$ в фазу начала выхода в трубку + N_{30} в фазу флагового листа – фон 2	62,2	18,3	–	–	5,9
Фон 2 + МикроСтим Медь (0,7 л/га) в фазе начала выхода в трубку	69,7	25,9	–	7,5	8,3
НСР ₀₅	1,0	–	–	–	–

Азотная подкормка карбамидом N_{30} в сочетании с $N_{60}P_{60}K_{90}$ увеличила урожайность зерна на 14,1 ц/га по сравнению с вариантом без удобрений при окупаемости 1 кг НРК 5,9 кг зерна. Некорневая подкормка яровой пшеницы микроудобрениями Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ в фазу начала выхода в трубку повышала урожайность зерна на 4,3 и 5,8 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 7,7 и 8,3 кг зерна. Обработка посевов регулятором роста Экосил повысило урожайность зерна на 3,7 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 7,4 кг зерна. При применении повышенных доз минеральных удобрений ($N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$) урожайность зерна по сравнению с контролем увеличилась на 18,3 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 5,9 кг зерна.

Применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне повышенных доз удобрений ($N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$) увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 7,5 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 8,3 кг зерна.

Максимальная урожайность зерна яровой пшеницы (69,7 ц/га) и максимальная окупаемость 1 кг НРК кг зерна (8,3 кг) получена при некорневой подкормке микроудобрением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$.

Важными показателями качества пшеницы является содержание сырого белка и клейковины в зерне. Наиболее высокое содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы (13,6 и 13,3 %) отмечено в вариантах с применением минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ (табл. 2).

Наибольший выход сырого белка (7,0 и 7,4 ц/га) наблюдался с использованием микроудобрения Адоб Медь на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и комплексного микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$. Наиболее высокое содержание сырой клейковины (33,2 %) было при применении микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$. Масса 1000 зерен была наибольшей в том же варианте и составила 39,7 г.

Таблица 2. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на массу 1000 зерен и качество зерна яровой пшеницы (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %	Выход сырого белка, ц/га	Сырая клейковина, %
Без удобрений	32,0	12,3	4,6	26,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	34,1	13,6	6,1	27,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид в фазу выхода в трубку – фон 1	34,9	13,3	6,5	27,9
Фон 1 + Адоб Медь (0,8 л/га) в фазу начала выхода в трубку	36,1	13,3	7,0	28,6
Фон 1 + МикроСтим Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	36,8	12,8	6,9	30,4
Фон 1 + Экосил (75 мл/га) в фазу начала выхода в трубку	35,8	12,7	6,6	28,6
N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ в фазу начала выхода в трубку + N ₃₀ в фазе флагового листа – фон 2	36,0	12,9	6,7	29,9
Фон 2 + МикроСтим Медь (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	39,7	12,5	7,4	33,2
НСР ₀₅	0,6	0,8	–	0,5

Таким образом, влияние микроудобрения белорусского производства МикроСтим-Медь Л на урожайность и качество зерна яровой пшеницы не только не уступает, но и даже превосходит польское микроудобрение Адоб Медь и его можно рекомендовать для импортозамещения. Применение удобрений Адоб Медь, МикроСтим-Медь Л и регулятора роста Экосил повысили урожайность зерна на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ + N₃₀ на 4,3, 5,8 и 3,7 ц/га при окупаемости 1 кг НРК кг зерна 7,7, 8,3 и 7,4 кг. Применение МикроСтим-Медь Л на фоне N₆₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀ + N₃₀ повысило урожайность на 7,5 ц/га при окупаемости 1 кг НРК кг зерна 8,3 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребенникова, Л. Ю. Наступило время специальных удобрений / Л. Ю. Гребенникова, Ю. М. Забара // Наше сельское хозяйство. – 2016. – № 23. – С. 28–31.
2. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями микростим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1 (60). – С. 180–192.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288.

УРОЖАЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ЕЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

И. В. ЛОГВИНОВ, мл. науч. сотрудник

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»,
г. Белгород, Российская Федерация

В статье представлена методика расчета дисперсионного анализа. Проведен дисперсионный анализ результатов опыта с урожайностью озимой пшеницы в зависимости от различных севооборотов, способов обработки почвы и доз органических и минеральных удобрений. Установлено существенное влияние минеральных и органических удобрений, а также различных севооборотов на урожайность озимой пшеницы, а способы обработки не оказывали статистически значимый эффект.

Ключевые слова: дисперсионный анализ, озимая пшеница, урожайность, севооборот, обработка почвы, органические удобрения, минеральные удобрения.

Одним из методических требований, предъявляемых к полевым опытам, является достоверность полученных результатов. Устанавливают ее с помощью статистических методов анализа. Опыты, которые проводят в условиях неопределенности, должны быть повторены в пространстве и во времени, а полученные многолетние данные статистически обработаны.

Статистическая обработка данных является обязательным методическим требованием при проведении опыта. Отсутствие результатов статистической обработки неизбежно приводит к нарушению методических требований проведения опыта, и по таким данным нельзя сделать выводы о действии факторов.

Дисперсионный анализ широко используется для планирования эксперимента и статистической обработки его данных. Статистически обоснованный план эксперимента определяет и метод математического анализа результатов. Поэтому современный эксперимент нельзя правильно спланировать, не зная основ дисперсионного анализа.

Сущностью дисперсионного анализа является расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на а части – компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F-критерию.

В данной статье приведены результаты, полученные в длительном полевом опыте, заложенном в Белгородском ФАНЦ РАН в 1987 г. В качестве изучаемых факторов рассматриваются различные виды севооборотов, способы основной обработки почвы и дозы органических и минеральных удобрений.

Целью работы являлось комплексное изучение основных элементов технологий возделывания озимой пшеницы на величину урожая при

использовании многолетних данных опыта при проведении дисперсионного анализа.

Опыт заложен по полной факториальной схеме $3 \times 3 \times 3 \times 3$, включающей 81 вариант. Число повторений в опыте – три. Опыт заложен методом расщепленных делянок с систематическим расположением вариантов внутри повторений. Площадь одной делянки – 120 м² (4×30 м). Схема опыта является высокоинформативной [1].

Почва опытного участка – чернозем типичный среднетяжелый малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке с содержанием в пахотном слое 5,18–5,32 % гумуса, 52–58 мг подвижного фосфора и 95–105 мг/кг почвы обменного калия, рН_{сол.} – 5,8–6,4. Почва опытного участка типична для Белгородской области.

Экспериментальные пятипольные севообороты в структуре посевных площадей имели следующее чередование культур – зернотравяно-пропашной: озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень+мн. травы, травы 1 г. п., травы 2 г. п. (20 % пропашных); зернопропашной: озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос, горох (40 % пропашных); зернопаропропашной: озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, кукуруза на зерно, черный пар (60 % пропашных). В опыте изучали три способа основной обработки почвы – вспашку, безотвальную и минимальную обработки. Вспашка предусматривала отвальное рыхление верхнего слоя почвы в зависимости от возделываемой культуры на глубину 20–22 см. Безотвальная обработка проводилась на ту же глубину, только без оборота пласта почвы (плуг типа «Параплау»). При минимальной (мелкой) обработке проводили дискование на глубину 12–14 см. После уборки предшественника рыхление осуществляли на глубину 12–14 см тяжелой дисковой бороней БДТ – 7.

Схема опыта включала различные дозы внесения минеральных и органических удобрений под озимую пшеницу: 00 – контроль (без удобрений); 01 – (NPK)₆₀ + N₃₀ (в подкормку); 02 – (NPK)₁₂₀ + N₆₀; 10 – навоз 40 т/га; 11 – навоз 40 т/га + (NPK)₆₀ + N₃₀; 12 – Навоз 40 т/га + (NPK)₁₂₀ + N₆₀; 20 – навоз 80 т/га; 21 – навоз 80 т/га + (NPK)₆₀ + N₆₀; 22 – навоз 80 т/га + (NPK)₁₂₀ + N₆₀ кг д. в. В качестве органических удобрений использовали подстилочный навоз крупного рогатого скота, который вносили один раз за ротацию севооборотов под сахарную свеклу. Озимая пшеница испытывала лишь 4-й год последствий навоза. Из минеральных удобрений применяли азофоску, которую вносили под основную обработку почвы. Более подробно условия проведения опыта описаны в работе [2].

Технологии возделывания озимой пшеницы и ее предшественников типичны для Белгородской области, кроме тех элементов технологии, которые являются изучаемыми в опыте факторами [3]. Возделываемый сорт озимой пшеницы – Синтетик, выведен лабораторией селекции и семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН».

Для проведения дисперсионного анализа используем алгоритм, разработанный В. Н. Перегудовым, который уточнен для анализа многолетних данных [4, 5].

По данным метеопоста, расположенного на месте проведения опыта, средний гидротермический коэффициент (табл. 1) за вегетационные периоды наблюдений (2008–2012 гг.) составил 0,76, а среднеемноголетний гидротермический коэффициент для данной агроклиматической зоны равен 1,1, что говорит о засушливых условиях увлажнения. Наиболее засушливыми были 2009 и 2010 годы, когда за весенне-летний период вегетации выпало 111,6 и 116,0 мм осадков, а ГТК соответственно составил 0,56 и 0,58.

Таблица 1. Характеристика метеорологических условий 2008–2012 гг.)

Годы	Сумма среднесуточных температур выше 10 °С за вегетационный период (апрель-июль)	Сумма осадков за период с температурой выше 10 °С, мм	ГТК
2008	1698,2	144,0	0,85
2009	1988,2	111,6	0,56
2010	2340,3	116,0	0,58
2011	2025,5	228,3	1,13
2012	2371,5	163,6	0,69
Среднее	2084,7	152,7	0,76

При этом необходимо отметить, что общее количество выпадающих осадков за вегетационный период недостаточно полно отражается на продуктивности культур, так как потребность растений во влаге в различные периоды их развития различна.

Эффективными осадками будут те, которые обеспечивают бесперебойное водоснабжение растений, особенно в критические периоды роста. Для озимой пшеницы решающее значение имеют осадки первой половины лета, в период интенсивного роста вегетативной массы и формирования репродуктивных органов.

В табл. 2 представлена средняя урожайность озимой пшеницы за 2008–2012 гг., требуется провести дисперсионный анализ результатов нашего опыта и выявить значимость каждого из изучаемых факторов.

На этом этапе анализа проведена общая оценка результатов опыта при помощи критерия Фишера. В нашем случае фактическое значение критерия F превосходит табличное ($F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$), следовательно, различия между средними по вариантам существенны.

Таблица 2. Влияние вида севооборота, способа основной обработки почвы и удобрений на урожайность озимой пшеницы в среднем за 2008–2012 гг., ц/га

Вариант	Севооборот								
	зернотравяно-пропашной			зернопропашной			зернопаропашной		
	В*	Б	М	В	Б	М	В	Б	М
00	27,4	27,5	27,8	30,04	30,82	30,0	29,8	31,1	29,7
01	35,7	36,7	34,3	39,12	39,98	39,1	39,0	37,8	37,7
02	38,5	38,5	37,4	45,56	43,74	44,6	47,0	42,6	42,8
10	33,7	31,8	32,5	34,88	36,54	37,4	36,0	36,1	35,8
11	38,9	38,9	38,9	43,26	44,02	44,5	41,4	46,5	45,9
12	44,3	41,8	40,8	46,38	49,08	49,4	46,6	46,4	46,5
20	36,8	35,3	37,2	39,84	39,12	40,5	39,8	40,0	40,3
21	42,5	42,7	42,2	47,06	46,96	48,8	46,2	46,5	43,9
22	48,3	48,8	48,2	51,18	50,98	53,4	48,3	50,3	48,0
НСР ₀₅ = 0,73 ц/га									

Примечание. Способы обработки почвы: В – вспашка, Б – безотвальная, М – минимальная.

Критерий F устанавливает только факт наличия существенных различий между средними, но не указывает, между какими средними имеются эти различия. В практике опытной работы используется метод оценки существенности разницы между средними по наименьшей существенной разности (НСР).

Составим таблицу дисперсионного анализа.

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F _{факт}	F _{табл}
Общее	971	185024,15			
Повторения	2	194,70			
Варианты	323	170605,37	528,19	23,99	1,18
Остаточное	646	14224,08	22,02		

Значение НСР с 5 % уровнем значимости составил НСР₀₅ 0,73.

Озимая пшеница возделывалась по трем различным предшественникам: многолетним бобовым травам, гороху и чистому пару, которые считаются лучшими для лесостепной зоны. В среднем по всем вариантам в зернотравянопропашном севообороте получено 38,1 ц/га зерна, в зернопропашном 42,5 ц/га и в зернопаропашном 41,6 ц/га. Причем зернопропашной севооборот имел существенное преимущество над зернотравянопропашным как на вариантах без удобрений, так и с одинарными и двойными их дозами. Между зернопропашным и зернопа-

ропропашным севооборотах на контрольных вариантах различия в урожайности озимой пшеницы находились в пределах ошибки опыта. Наименьшей урожайность озимой пшеницы за исследуемый период была в зернотравянопропашном севообороте, где ее предшественник был эспарцет 2-го года пользования. После такого предшественника почва зачастую бывает пересушена и при отсутствии осадков не удается получить дружные всходы, что и сказывается на урожайности. В севообороте с черным паром недобор урожая связан с полеганием растений на вариантах с двойными дозами минеральных удобрений.

Среди способов обработки почвы нельзя выявить существенного преимущества ни одной из них. Варианты, где применялась минимальная обработка, не уступали по урожайности озимой пшеницы вариантам с отвальной вспашкой, как на контрольных вариантах, так и на различных фонах удобренности. При этом необходимо отметить, что основная обработка почвы под озимую пшеницу по всем предшественникам проводится дисковатором в два следа на глубину до 14 см, на эту же глубину одновременно осуществляется и заделка минеральных удобрений. Одинарные дозы органических удобрений (их последствие) способствовали увеличению урожайности озимой пшеницы по различным обработкам на 15,6–23 % по отношению к абсолютному контролю, а двойные на 28,4–35,7 %. Преимущества какого-либо из способов обработки в эффективности действия органических удобрений не выявлено, как и среди севооборотов.

Наибольшее влияние на урожайность озимой пшеницы оказали минеральные удобрения. Так, при внесении одинарной дозы прибавки урожайности зерна по различным вариантам составили 6,5–9,2 ц/га, а двойных – 9,6–17,2 ц/га. Максимальные прибавки урожайности культуры по отношению к неудобренным вариантам получены при сочетании двойных доз органических и минеральных удобрений, которые составляли 18,3–23,4 ц/га (61,6–78,0 %). Прибавки минеральных удобрений в одинарных дозах в пропашных севооборотах существенно превышали прибавки в зернотравянопропашном. Двойные дозы минеральных удобрений в зернопаропропашном севообороте, как отмечалось выше, вызвали полегание растений, что негативно отразилось на их эффективности.

В результате проведенного дисперсионного анализа установлено существенное влияние минеральных и органических удобрений, а также их взаимодействие на урожайность озимой пшеницы. Пропашные севообороты имели существенное преимущество перед зернотравянопропашным, в то время как между зернопропашным и зернопаропропашным севооборотами существенные различия проявлялись только на вариантах с двойными дозами минеральных удобрений, где се-

вооборот с черным паром уступал зернопропашному из-за полегания растений. Между способами обработки не было существенных различий на 5%-ном уровне значимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыгуткин, А. С. Информативность опыта и ее оценка / А. С. Цыгуткин // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 6. – С. 45–46.
2. Влияния способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в черноземе типичном / С. И. Тютюнов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 5. – С. 7–12.
3. Логвинов, И. В. Оценка эффективности предшественников озимой пшеницы, возделываемой в агротехнологиях разного уровня интенсивности в условиях Юго-Запада ЦЧЗ / И. В. Логвинов // Земледелие. – 2016. – № 6. – С. 12–15.
4. Цыгуткин, А. С. Методология статистической обработки многолетних данных опыта / А. С. Цыгуткин. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 27 с.
5. Цыгуткин, А. С. О возможности трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта / А. С. Цыгуткин // Агрохимия. – 2002. – № 2. – С. 77–85.

УДК 579.64

ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

Е. И. МАГРАДЗЕ, аспирант

ФБГОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,
г. Ижевск, Удмуртия, Российская Федерация

*Разработанные нами удобрения являются моноудобрениями, содержащими бактерии рода *Azotobacter* или *Streptomyces*, выращенными на молочной сыворотке. Удобрения были первично опробованы в открытом грунте на культурах моркови и салата.*

Ключевые слова: бактериальные удобрения, молочная сыворотка, *Azotobacter*, *Streptomyces*.

В последнее десятилетие сельское хозяйство все больше внимания уделяет органическому земледелию, при использовании которого создаются условия для поддержания плодородия почв и здоровья людей. Одним из направлений органического земледелия является минимизация использования минеральных удобрений, химических инсектицидов, замена их на органические и бактериальные удобрения. Появляется много новых бактериальных удобрений, которые проходят апробацию на различных культурных растениях. Для получения бактериальных удобрений необходима питательная среда, которая должна быть недорогой и доступной. Таким требованиям отвечает молочная сыворотка, которая является отходом производства творога и сыров.

Мы получили бактериальное удобрение на основе молочной сыворотки. Наши удобрения содержат монокультуры: бактерии рода *Azoto-*

bacter либо *Streptomyces* в количестве не менее 10^6 КОЕ/мл. Были получены результаты по влиянию удобрений на рост различных сельскохозяйственных культур в лабораторных условиях. Было отмечено, что наши удобрения по-разному влияют на различные культуры.

Целью нашего нового исследования было первично опробовать наши удобрения в открытом грунте.

Были использованы делянки размером 0,5 на 1 м. В каждом эксперименте один вид полива осуществляли на одной делянке. При изучении влияния удобрений на рост моркови провели два эксперимента. В первом эксперименте использовали три делянки, на каждую делянку высевали по 200 семян моркови. Одну делянку полили удобрением со стрептомицетами, а затем, по мере высыхания почвы, поливали водой, вторую делянку полили смесью удобрений (половина объема – удобрение с азотобактерами, половина – удобрение со стрептомицетами), затем поливали водой по мере высыхания почвы. Третью делянку поливали водой в качестве контроля. Во втором эксперименте в каждую делянку засевали по 100 семян моркови. Всего использовали три делянки. Одну поливали водой в качестве контроля, другую однократно полили удобрением с азотобактерами, и в дальнейшем, по мере высыхания почвы поливали водой, третью полили удобрением с азотобактерами и после высыхания почвы еще раз полили тем же удобрением, затем, по мере высыхания почвы, поливали водой.

В эксперименте с салатом были использованы семена салата «Дубравушка». Четыре делянки засеяли семенами: по 100 семян на каждую делянку. Полив осуществляли по следующей схеме: первую делянку полили удобрением со стрептомицетами, вторую – удобрением с азотобактерами, третью – разбавленной и проавтоклавированной сывороткой (первый контроль), четвертую – водой (второй контроль). Измеряли ростовые параметры растений. В опыте с морковью – высоту стебля и массу корнеплодов. В опыте с салатом – высоту стебля, длину корня, массу растения, массу листьев.

В первом опыте с морковью количество растений, полученных из семян, составило 31 % в контроле, 22 % при поливе стрептомицетами, 13 % при поливе смесью удобрений. Средняя высота побегов при поливе смесью удобрений достоверно в 1,25 раза больше, чем при поливе водой (разница составила 14,8 см). Между средней высотой побегов моркови при поливе водой и стрептомицетами достоверной разницы обнаружено не было.

Во втором опыте с морковью количество растений, полученных из семян, составило 44 % при поливе водой, 49 % при однократном поливе азотобактерами, и 54 % при двукратном поливе азотобактерами. Средняя высота побегов при однократном поливе азотобактерами бы-

ла в 1,26 раза больше, чем при поливе водой (разница составила 20,6 см), однако отличия были статистически недостоверны. Статистически достоверной была разница между средней длиной побегов при двукратном поливе азотобактерами и при поливе водой (46,6 см). Средняя высота побегов после двукратного полива азотобактерами была в 1,62 раза больше чем в контроле. Таким образом, удобрение, содержащее азотобактеры, положительно влияет на рост побегов моркови. Средняя масса корнеплодов в первом опыте с морковью при поливе удобрениями достоверно не отличалась от средней массы моркови в контроле. Во втором эксперименте средняя масса корнеплодов при двукратном поливе азотобактерами отличалась от таковой в контроле в 2,16 раз. Однако следует отметить, что корнеплоды в первом эксперименте были в среднем в 10 раз больше по массе, чем во втором. Второй опыт был поставлен поздно; если урожай в первом эксперименте собирали 13 сентября, то второй урожай был собран 22 октября. В целом, удобрение, содержащее азотобактеры, положительно повлияло на рост моркови.

В эксперименте с салатом мы наблюдали положительное влияние на рост растений при поливе удобрения, содержащего стрептомицеты. При поливе азотобактерами салат вырос незначительно. Самые высокие салаты выросли после полива стрептомицетами. При этом наблюдалась достоверная разница между салатами на делянке, политой азотобактерами и на делянке, политой стрептомицетами. Статистически достоверной разницы между средней длиной стебля салатов, политых стрептомицетами, водой и сывороткой, не наблюдалось. Азотобактеры отрицательно повлияли на рост салата. Средняя масса салата при поливе азотобактерами оказалась минимальной. Наибольшую среднюю массу получили при поливе стрептомицетами. Разница между средними значениями достоверна. Однако, среднюю массу по воде не считали. Поэтому не знаем, как вода повлияла на биомассу салата. При уровне значимости 5 % средняя масса листьев при поливе стрептомицетами достоверно отличается от средней массы листьев салата, получившейся при других видах полива. Средняя масса листьев при поливе удобрением, содержащим азотобактеры, тоже достоверно отличалась от средней массы листьев салатов при других видах полива. Средняя масса листьев в 1,83 и в 2,13 раза больше при поливе стрептомицетами, чем при поливе и сывороткой соответственно, а также при поливе азотобактерами в 2,36 раза и в 2,03 раза меньше, чем при поливе водой и сывороткой, соответственно. Сыворотка показала достоверно лучший результат по сравнению с поливом азотобактерами. Однако достоверных различий между ростовыми параметрами салатов, политых сывороткой и водой не обнаружено. Таким образом, азотобактеры

оказали отрицательное влияние на рост салатов, тогда как стрептомицеты оказали на них положительное влияние. Наши результаты требуют дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коган, В. Е. Экологически безопасные удобрения – основа рационального природопользования / Е. В. Коган, К. Г. Карапетян // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 08 (62), ч. 2. – С. 63–66.

2. Персикова, Т. Ф. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного / Т. Ф. Персикова, М. Л. Радкевич // Вестник БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 37–40.

3. Штерншис, М. В. Усиление роли микробных агентов биоконтроля в защите растений / М. В. Штерншис, А. А. Беляев, Т. В. Шпатова, А. А. Леляк // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : тезисы докладов IX Междунар. науч. конф. (Минск, 7–11 сент. 2015 г.). – Минск: Беларус. навука, 2015. – С. 135–136.

УДК 631.82

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ АГРОМЕЛИОРАНТОВ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

В. П. МАКСИМЕНКО, д-р с.-х. наук, доцент,
С. А. МЕНЬШИКОВА, канд. с.-х. наук

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

В статье приведены данные по влиянию комплексных искусственных полимерных агромелиорантов на урожайность различных культур. Их широкое применение позволяет увеличить запас питательных элементов и улучшить водно-физические свойства почвы, но требует научного обоснования в каждом конкретном случае.

Ключевые слова: плодородие, урожайность, удобрение-мелиорант.

Стремительно растущая потребность в продуктах питания в большинстве случаев сопровождается увеличением нагрузки на сельскохозяйственные земли. По ряду причин этот процесс может сопровождаться трансформацией экологических условий в худшую сторону, происходит деградация почвенного слоя и снижение плодородия. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью поиска эффективных и надежных мер, способных противостоять негативным последствиям сельскохозяйственной деятельности и минимизировать риски, возникающие в связи с происходящими изменениями.

Применение удобрений-мелиорантов или агромелиорантов длительного (продолжительного) действия является одной из таких мер и позволяет не только увеличить запас питательных элементов, но и улучшить водно-физические свойства почвы, такие как водопроницаемость и водоудерживающая способность (влагоемкость), пористость и плотность почвы, обеспечивая благоприятные условия, необходимые для благополучного роста и развития растений.

Удобрительно-мелиорирующие вещества можно условно разделить по типу и генезису происхождения на естественные и искусственные, органические и минеральные. Природное органоминеральное сырье может активно применяться в качестве удобрительно-мелиорирующих веществ при условии наличия значительных местных запасов. В качестве органических агро-мелиорантов естественного происхождения применяются торфяные субстраты, сапропели, компосты, кокосовое волокно и так далее. Широко известны приемы химических мелиораций, а именно известкование кислых почв и гипсование солонцов, сапонитосодержащие базальтовые туфы и глауконитсодержащие породы, которые являются попутными веществами при добыче базальтов, могут также быть использованы в качестве агро-мелиорантов, повышающих урожайность и плодородие почв [1]. Однако природные материалы иногда содержат в своем составе элементы нежелательные для внесения в почву (тяжелые металлы, радионуклиды).

С развитием научно-технического прогресса и химической промышленности сформировалось множество различных искусственных веществ, способных оказывать на почву удобрительно-мелиорирующее действие. Наиболее эффективны азотсодержащие химические мелиоранты на основе поликомплексов, получаемые смешением двух многокомпонентных растворов. Образующееся вещество нерастворимо в воде, что создает водопрочную структуру почвы, при этом азотсодержащие компоненты используются растениями для питания, за счет чего повышается интенсивность развития корневой системы и урожайность. Длительность мелиорирующего эффекта при использовании поликомплексов будет зависеть от агрессивности почвенной среды и перепадов температуры. На избыточно увлажненных суглинистых почвах он может сохраняться не менее 7 лет [2], на супесчаных почвах в засушливых условиях – до 20 лет [3].

С целью подбора наиболее подходящего класса веществ, отвечающих вышеупомянутым критериям, был выполнен обзор отечественной и зарубежной литературы по данной теме, охватывающий значительный период времени. За основу было взято мочевиноформальдегидное удобрение, представляющее собой поропласт, содержащий значительную долю азота (до 40 %) в медленно растворимой форме и имеющий высокую влагоемкость. Основным недостатком мочевиноформальдегидного поропласта (МФП) является присутствие свободного формальдегида, поэтому при разработке нового состава основной задачей являлось снижение его содержания. В результате был разработан состав, включающий амидную форму азота, формальдегид, дубильный экстракт коры хвойных пород, фосфорную кислоту, поверхностно-активное вещество и воду [4]. В предлагаемой модификации остаточное содержание свободного формальдегида составляет не более 0,01 %, что не превышает ПДК формальдегида для почв. Однако в це-

лом для этого класса удобрительно-мелиорирующих веществ остаются не решенными вопросы научно обоснованных доз и технологий применения для конкретных агроклиматических условий, также имеет место относительно высокая стоимость производства.

Апробированный в лабораторно-полевых и производственных условиях сотрудниками ВНИИГиМ агромелиорант изготавливается по композитной технологии в виде многокомпонентного вспененного карбамидоформальдегидного соединения. Препарат может использоваться в качестве почвенного структурообразователя, аэранта, субстрата в теплицах и в открытом грунте при выращивании различных сельскохозяйственных и декоративных культур. Данная модификация содержит (в % от массы): $N_{\text{общ}} - 30...32$; $N_{\text{подвиж}} - 0,2...0,3$; $P_{\text{общ}} - 0,35...0,4$; а также калий, магний, биофильные микроэлементы, такие как бор, железо, марганец, медь, цинк, молибден и другие. В процессе изготовления элементный состав можно менять и дополнять дефицитными соединениями с учетом потребностей конкретной культуры и агрохимического состава почвы. Удобрение-мелиорант имеет жесткий каркас и ячеистую структуру с наличием открытых полостей или каналов, чем обуславливаются его благоприятные водно-физические свойства.

Анализ данных по эффективности применения удобрений-мелиорантов на основе полимерных поропластов показал, что они улучшают почву, стимулируют развитие корневой системы и рост надземной части растений. В зависимости от дозы внесения, агроклиматических условий, технологии выращивания и культуры, прибавка урожайности меняется в широком диапазоне. В табл. 1 приведен перечень культур и обобщенные сведения о прибавке их урожайности, полученной при выращивании с применением препаратов на основе мочевиноформальдегидных поропластов.

Таблица 1. Прибавка в урожайности различных культур при выращивании с применением удобрительно-мелиорирующих препаратов на основе мочевиноформальдегидных поропластов [5]

Культура	Прибавка урожайности, % к контролю	Источник информации (автор, год издания)
1	2	3
Овес	15,0...50,0	Neumann R., Schmidt H., Wiss. Z., 1967
Озимая пшеница	до 11,0	Ermich D., Drabner H. J., 1970
Рожь на зеленый корм	до 20,0	Gora A., 1969
Клеверозлаковая смесь	до 64	Rasp, H., 1972; Schoppe, H., 1972
Кукуруза	до 28,0	Ermich D., Drabner H.J., 1970
Райграс	16,0	Will H., 1968

1	2	3
Картофель	4,2...39,0	Мажайский Ю. А. с соавт., 2007; Попова Ю. С., 2010; Максименко В. П. с соавт., 2008; 2015; Ermich D., Drabner H. J., 1970; Konker H., 1973
Сахарная свекла	до 9,0	Ermich D., Drabner H. J., 1970
Люпин	10,0...128,3	Жигулина Е.В. с соавт., 2007; Neumann R., Schmidt H., 1967
Томаты	38,0...81,0	Максименко В. П. соавт., 2009; Geibler Th., Starske P., 1972; Kaniszevski S., 1974
Огурцы	до 48,0	Geibler Th., Starske P., 1972; Kaniszevski S., 1974
Редька, салат, стручковый перец	33,0	Prun H., 1975
Морковь	15,6...136,0	Максименко В. П. с соавт., 2004, 2007; Will H., 1968
Пырей солончаковый	11,5...364,3	Максименко В. П. с соавт., 2006; Чапанова М. П., 2006
Руккола (индау) открытый/ защищенный грунт	16,8...43,7/16,2...3 1,2	Меньшикова С. А., 2017

Следует обратить внимание на эффект взаимодействия повышенной водопоглощающей способности и высвобождения азота. Благоприятное взаимодействие факторов, влияющих на плодородие, проявляется особенно сильно при совместном применении высоких доз препарата и полного минерального удобрения на фоне орошения [3].

Согласно собранным данным, положительный эффект от применения удобрения-мелиоранта будет тем заметнее и значительнее, чем менее плодородны почвы и контрастнее погодные условия. При выращивании в комфортных для культуры условиях, например, таких, как в защищенном грунте, эффект от применения будет сглажен.

В табл. 2 представлены данные по урожайности листовой салатной культуры рукколы (*Eruca sativa*), полученные в ходе проведения трехлетнего цикла экспериментов в открытом и защищенном грунте за период с 2014 по 2016 гг.

Таблица 2. Урожайность листьев рукколы (ср. знач.) в опытах под влиянием различных доз агромелиоранта ВКФУ [5]

Доза ВКФУ, % к объему почвы	Товарная урожайность листьев, кг/м ²				Прирост урожайности, % к контролю			
	Опыт № 1 (локальное внесение, глубина до 0,1 м)	Опыт № 2 (закр-й грунт, сплошное внесение, слой до 0,2 м)	Опыт № 3 (сплошное внесение, слой до 0,2 м)	Опыт № 4 (гидропоника, внесение в субстрат на этапе проращивания рассады)	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3	Опыт № 4
0	1,67	2,36	0,86	4,56	–	–	–	–
2	1,74	2,45	1,07	4,59	3,7	3,7	16,8	0,7
4	1,74	2,58	1,09	5,44	4,2	8,5	18,3	16,2
6	1,81	2,78	1,21	5,48	7,9	15,1	26,4	16,8
8	1,75	2,78	1,58	6,23	4,8	15,1	43,7	26,8
10	1,73	2,62	1,24	6,63	1,8	9,9	28,2	31,2
НСР ₀₅	0,32	0,18	0,25	0,85	–	–	–	–

В открытом грунте руккола выращивалась на мелиорированных торфяно-болотных почвах Яхромской поймы, в защищенном грунте (вегетационные опыты) и при апробации в тепличных условиях – в торфяном субстрате. Все опыты включали 6 вариантов: контроль (исходный фон без внесения удобрения-мелиоранта) и 5 вариантов внесения препарата. Повторность всех вариантов опытов трехкратная. Агротомелиорант ВКФУ [4] вносили по фону дозами 2; 4; 6; 8 и 10 % от объема исходной почвы (субстрата). Было проведено 4 серии опытов: № 1 и № 3 – в открытом грунте в летний период. В серии опытов № 1 внесение ВКФУ осуществляли локально при набивке рассадных емкостей в область посадки семян на глубину до 0,1 м с последующей высадкой рассады вместе с субстратом в открытый грунт. В опытах серии № 3 было осуществлено сплошное поверхностное внесение препарата в корнеобитаемую зону с последующей заделкой в гряды. Дозу внесение в этом случае рассчитывали исходя из глубины мелиорируемого слоя почвы, принимаемой 0,2 м. Опытная серия № 2 (вегетационные опыты) проводилась в закрытом грунте в зимне-весенний период на торфяном субстрате, изготовленном смешением почвы, взятой с опытного участка, и удобрения-мелиоранта. Опыты серии № 4 были проведены в весенний период по методу гидропонии в производственных условиях СХПК Комбинат «Тепличный». В каждой серии испытаний в контрольных вариантах почва была одной и той же; для всех последующих вариантов – с внесением удобрения. Качественные изменения

почвенного субстрата определялись только воздействием внесенной дозы препарата (от 2 до 10 %) в сравнении с контролем [5].

Результаты проведенного цикла опытов подтверждают необходимость проработки технологии и подбора наиболее эффективных доз внесения удобрения-мелиоранта для конкретных почвенно-климатических условий и применяемой агротехники. Однако авторам видится перспективным широкое внедрение данного класса удобрительно-мелиорирующих веществ для восстановления и повышения плодородия почв и урожайности выращиваемых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение агромелиорантов при возделывании зеленных и пряно-ароматических культур / В. Н. Босак [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1. – С. 92–96.
2. Маслов, Б. С. Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер. – М.: Росагропроиздат, 1989. – 383 с.
3. Кульман, А. Г. Искусственные структурообразователи почвы / А. Г. Кульман. – М.: Колос, 1982. – 158 с.
4. Вспененное карбамидоформальдегидное удобрение и способ его получения / В. М. Мелкозеров, Л. Д. Нагорный, В. В. Олейник, А. Б. Махновецкий, В. П. Максименко, Ю. А. Мажайский, С. Ю. Деев, В. В. Бородычев, С. Б. Адыев, М. П. Чапланова // Патент РФ № 2230719; С1 МПК⁷ C05C 9/02: Заявитель и патентообладатель ООО «Газострой-инвест». – № 2003124002, заявл. 04.08.2003, опубл. 20.06.2004. – БИПМ № 17. – 8 с.
5. Меньшикова, С. А. Особенности агротехники выращивания рукколы с применением вспененного карбамидоформальдегидного удобрения на мелиорируемых землях: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / С. А. Меньшикова. – М., 2017. – 23 с.

УДК 631.861

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С. Л. МАКСИМОВА, канд. биол. наук, доцент
ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»,
г. Минск, Республика Беларусь

К. А. ЧЕРЕВАКО, директор ООО «Вермибел»,
г. Минск, Республика Беларусь

На сегодняшний день существующие в мире технологии переработки органических отходов в большинстве случаев не являются безотходными и экологически чистыми и требуют больших затрат энергоресурсов. Альтернативой существующим методам является новое направление – переработка органических отходов с помощью дождевых червей.

Ключевые слова: органические удобрения, энергоресурсы, органические отходы.

В настоящее время биотехнология переработки органических отходов с помощью дождевых червей или вермикомпостирование широко

применяется во многих странах мира. Проблема утилизации органических отходов является одной из актуальных задач, стоящих перед работниками сельскохозяйственных и промышленных предприятий. Функционирование крупных животноводческих, птицеводческих комплексов и ферм ставит под угрозу экологическое благополучие окружающей природной среды. Вермикомпостирование – как безотходная технология может быть использована для утилизации и рециклинга различных видов навоза на животноводческих фермах и комплексах или других органических отходов сельскохозяйственных производств и промышленности с помощью специализированных технологических навозных червей *Eisenia fetida* (Sav.).

В настоящее время во многих странах мира, особенно в США и Канаде, происходит настоящий бум, связанный с разработкой новых, более эффективных технологий вермикомпостирования.

Данный метод биоконверсии загрязняющих окружающую среду органических отходов промышленного и сельскохозяйственного производства предусматривает получение двух видов продукции – биогумуса и биомассы навозных червей, которые имеют следующие области применения:

- биогумус можно использовать как дешевое экологически чистое удобрение, заменяющее дорогостоящие минеральные удобрения, которые в свою очередь являются вторичным источником загрязнения почвы различными ксенобиотиками;
- биогумус можно использовать как исходное вещество для производства жидкой подкормки для растений;
- биомасса навозных червей может быть использована в медицинских целях;
- биомасса навозных червей может быть использована в качестве сырья для производства комбикорма.

Эффективность и рентабельность вермикультивирования как биотехнологии во многом зависят, прежде всего, от условий их культивирования – температуры, влажности, качества и интенсивности кормления. Кроме того, большое значение имеют и продукционные характеристики самого навозного червя: плодовитость, скорость роста, сроки наступления половозрелости. По данным Российской корпорации «Грин-ПИК» рентабельность данного производства составляет 200 %.

Вермикультивирование – это безотходное, экологически чистое и экономически выгодное хозяйство. Оно доступно всем большим и малым сельскохозяйственным предприятиям, фермерам, садоводам-любителям, городским коммунальным хозяйствам, а также всем заводам и фабрикам, предприятиям и организациям, которые своей произ-

водственной деятельностью загрязняют окружающую среду. Преимущество этой технологии перед другими заключается в том, что она позволяет в едином технологическом процессе, при сравнительно малых затратах перерабатывать в больших количествах, практически любые органические отходы, с получением в качестве конечных продуктов высокоэффективного органического удобрения – биогумуса и полноценного биологического белка, используемого в животноводстве.

Таким образом, данный способ биоконверсии органических отходов дает возможность решения не только природоохранных проблем, связанных с загрязнением окружающей среды, но и открывает широкие возможности для использования биогумуса и биомассы навозных червей в сельском хозяйстве, медицине и животноводстве. При этом в отличие от исходного субстрата и навоза, биогумус обладает существенными агрономическими преимуществами перед традиционными органическими удобрениями. При применении биогумуса обнаружено существенное подавление популяций патогенных микроорганизмов, нематод и насекомых-вредителей, которые поражают растения. Кроме того, при помощи биогумуса можно проводить рекультивацию загрязненных и нарушенных почв.

Вермикомпостирование и вермикультивирование позволит в более сжатые сроки решить вопросы связанные с утилизацией и переработкой органических отходов, что приведет к улучшению экологической обстановки в Республике и получению большого количества органического удобрения – биогумуса – для восстановления плодородия почв, росту сельскохозяйственной продукции, получению дополнительного количества кормового белка, необходимого в животноводстве и производству экологически чистых продуктов питания. Все это в конечном итоге позволит целенаправленно осуществить программу экологизации сельскохозяйственного производства.

Новая технология основана на способности червей поглощать в процессе своей жизнедеятельности растительные остатки и почву. В организме червей они измельчаются, биохимически трансформируются, обогащаются некоторыми питательными элементами, ферментами и микроорганизмами. При прохождении органических отходов через кишечник червей исчезает неприятный запах, снижается их зараженность патогенами, уменьшается объем отходов и в результате физико-химических, биохимических и микробиологических преобразований в кишечнике дождевых червей они превращаются в вермикомпост (биогумус) – органическое удобрение, представляющее собой определенную агрономическую ценность.

В настоящее время для выращивания рассады различные фирмы-производители поставляют в продажу большое разнообразие почвенных грунтов. В их основе до 90 % занимает основной наполнитель – торф, набор микроэлементов и минеральных удобрений. Важно, чтобы при подготовке его к продаже фирмой-производителем, а при покупке грунта потребителем были соблюдены технология приготовления и соответствие качеству.

В Беларуси, в основном используется биогумус и грунты, произведенные на основе биогумуса, российского производства. Качество данной продукции оставляет желать лучшего, а цены превышают продукцию белорусских предприятий в 3–5 раз. Основным поставщиком на белорусский рынок – российская фирма «Фарт».

Потребность в биогумусе и грунтах на основе биогумуса велика. Биогумус – Органическое коричнево-черное вещество. Без запаха. Не слеживается. Богатое на питательные вещества. Является высокоэффективным удобрением. Применяется при возделывании сельскохозяйственных культур для регенерации почвы и повышения их урожайности. Способствует улучшению роста и развития растений. Не содержит патогенной флоры. Активирует развитие корневой системы растений. Уменьшает стресс растений, особенно рассады, при высадке в грядки или поле, усиливает ее приживаемость. Ускоряет прорастание семян и созревание плодов на 10–30 дней. Повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 20–50 %. По своей эффективности превышает обычный навоз в 10–12 раз.

Биогумус – экологически чистое органическое удобрение получается из естественных материалов; свободен от химических добавок; повышает содержание гумуса в почве; полноценное удобрение комплексного, синхронного и пролонгированного действия; препятствует вымыванию питательных веществ; улучшает физико-химические свойства почвы; снижает действие вредных веществ: фитотоксических элементов, радионуклидов и тяжелых металлов; ослабляет экстремальные химические действия на почву; резко снижает норму внесения минеральных удобрений; свободен от многих патогенных организмов; безвреден для здоровья.

В Беларуси отечественные разработки получения биогумуса основаны только на утилизации навоза КРС. Данная технология разработана в секторе вермифтехнологий ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» и адаптирована к условиям Беларуси. Остальные технологии по утилизации различных органических отходов дождевыми навозными червями в нашей стране не разработаны и являются патентноспособными и могут выступать как объект импортозамещения. Объектами

импортозамещения могут быть биогумус и грунты на основе биогумуса. При этом качество отечественной продукции будет лучше импортной, а цены ниже таковых на импортную продукцию.

Данное производство по производству биогумуса и грунтов на основе биогумуса будет способствовать утилизации различных органических отходов как промышленных, так и сельскохозяйственных предприятий. При этом при переработке 1 т органических отходов получается 600 кг биогумуса и 100 кг биомассы червей. Стоимость 1 т биогумуса на мировом рынке (в зависимости от влажности) – от 400 до 1500 долл. Стоимость 1 кг дождевых навозных червей с субстратом – 30–50 долл. Биомасса дождевых червей может быть использована в качестве компонента для комбикормов, а также сырья для медицинской, пищевой и фармацевтической промышленности.

Для круглогодичного производства биогумуса и биомассы червей необходимо закрытые помещения (бывшие коровники, овощехранилища, бомбоубежища). Крупные предприятия могут быть организованы в областных центрах, а мелкие – в каждом районе. Применение биогумуса будет способствовать повышению плодородия почвы и выращиванию экологически чистой продукции.

Биогумус – концентрированное удобрение, содержит в сбалансированном сочетании целый комплекс необходимых питательных веществ и микроэлементов, ферменты, почвенные антибиотики, витамины, гормоны роста и развития растений. В нем большое количество гуминовых веществ. Это также и микробиологическое удобрение, в нем обитает уникальное сообщество микроорганизмов, создающих почвенное плодородие. Биогумус не содержит патогенную микрофлору, яйца гельминтов, цисты патогенных простейших, личинки синантропных мух, семян сорняков. Удобрение легко и постепенно усваивается растениями в течение всего цикла своего развития. Биогумус используется как основное органическое удобрение при посадке, подкормке всех видов сельскохозяйственных культур, в лесоводстве, цветоводстве, а также при реанимации и рекультивации почв.

Удобрение органическое биогумус может вноситься в почву:

- площадным способом, т. е. рассеиванием по поверхности почвы;
- локальным способом, т. е. в лунку под каждое растение;
- в виде раствора.

Вносить биогумус в открытый грунт можно с ранней весны до поздней осени. Он является органическим удобрением пролонгированного действия. Его эффективность сохраняется в течение 3–4 лет. Кроме того, биогумус можно использовать для борьбы с насекомыми, поскольку в нем концентрация микроорганизмов-продуцентов хитиназы, расщепляющей

хитин (вещество, из которого состоит наружный скелет насекомых) очень высока. Для защиты растений от насекомых биогумус вносят на почву вокруг растений или готовят из него водный настой в виде вермикомпостного «чая», или собирают жидкость, оттекающую из червеоложа, для обработки листовой поверхности растений опрыскиванием в период вегетации. Биогумус эффективен против насекомых в течение 6 месяцев.

Биогумус рекомендуется применять под все основные сельскохозяйственные культуры (таблица), а также при рекультивации почв. Вносят биогумус под основную обработку почвы или культивацию на глубину не менее 15 см, что исключает попадание основной массы удобрения в верхние быстро пересыхающие слои почвы. Доза внесения биогумуса на сильно истощенных почвах должна составлять не менее 10–15 т/га. На окультуренных почвах дозы внесения биогумуса составляют 3–4 т/га. Удобрение вносится под предпосевную культивацию.

При локальном внесении доза биогумуса составляет 300–400 кг/га.

Применять биогумус под основные сельскохозяйственные культуры рекомендуется в сочетании с научно обоснованными дозами минеральных удобрений, согласно действующим рекомендациям, что обеспечивает получение высоких и устойчивых урожаев с благоприятным качеством товарной продукции, а также сохранение и повышение основных агрохимических показателей почвенного плодородия.

Для обеспечения благоприятного баланса гумуса при применении биогумуса рекомендуется внесение в севообороте дополнительных источников органического вещества (солома зерновых, зернобобовых и крупяных культур, сборные компосты, зеленое удобрение и др.), согласно действующим рекомендациям (таблица).

**Рекомендуемые дозы применения биогумуса
под основные сельскохозяйственные культуры**

Сельскохозяйственные культуры	Доза биогумуса
Озимые зерновые культуры	3,5 т/га
Яровые зерновые культуры	3,5 т/га
Картофель	4,0 т/га
Пропашные культуры	4,0 т/га
Томаты	5,0 кг/м ²

Другие способы применения биогумуса:

При приготовлении почвенных смесей для выращивания рассады овощей и цветов рекомендуется одну часть биогумуса смешать с тремя-пятью частями дерновой земли или торфа; для цветочных горшков одну часть биогумуса смешать с четырьмя-пятью частями почвы; при

использовании биогумуса в качестве питательного субстрата в теплицах и парниках следует смешать 1 часть биогумуса с 3–5 частями песка или почвы.

При посеве в гряды зеленых культур (петрушки, салата, укропа, шпината и др.) необходимо равномерно разбросать биогумус по поверхности грядки, перемешать с почвой и полить, а затем провести посев семян. На один квадратный метр гряды необходимо внести 1 л биогумуса.

При высадке рассады томатов, огурцов и перца в открытый грунт биогумус следует положить в каждую лунку в объеме 200–250 мл, перемешать с землей, тщательно полить и посадить саженец. После высадки рассады огурцов землю около растения желательно замульчировать с добавлением биогумуса слоем в 1–2 см. При использовании биогумуса при посадке овощных культур доза внесения удобрения составляет 10–30 гр. на растение.

При посадке картофеля под каждый клубень желательно внести 100–200 мл биогумуса.

При посадке земляники рекомендуется внести в каждую лунку по 100–200 мл биогумуса.

При посадке озимого чеснока внести на один квадратный метр грядки 1 л биогумуса и перемешать с почвой на глубину 10 см.

При посадке кустарников (крыжовник, смородина и др.) в посадочную яму необходимо внести 3 л биогумуса, тщательно перемешать с землей, полить и высадить кусты.

При посадке плодовых деревьев в посадочную яму под каждый саженец (яблони, груши, вишни, сливы и др.) необходимо внести 4 л биогумуса и перемешать его с почвой.

Для подкормки растений в период вегетации рекомендуется один раз в месяц подсыпать биогумус вокруг стеблей растений или в междурядье из расчета 1 л удобрения на один квадратный метр, перемешать и полить.

Для подкормки кустарников и плодовых деревьев биогумус рассыпают под крону из расчета 1 л на один квадратный метр.

При подкормке цветов и декоративных растений открытого грунта биогумус следует вносить ежемесячно из расчета 300 мл под каждое растение или 1 л на один квадратный метр клумбы, газона.

При подкормке комнатных цветов биогумус вносят под растение 1 раз в два месяца по 2–3 столовые ложки. При посадке комнатных цветов следует смешать биогумус с садовой почвой в соотношении 1:3, это обеспечит оптимальный рост растений и высокую интенсивность цветения.

Органическое гуминовое удобрение (ЖИДКИЙ БИОГУМУС) – это концентрированная вытяжка из натурального биогумуса, полученного путем вермикомпостирования различных органических отходов при помощи технологической линии дождевых навозных червей.

Органическое гуминовое удобрение содержит в себе все компоненты биогумуса в растворенном состоянии: гуминовые кислоты, фульво- и аминокислоты, витамины, природные фитогормоны, микро- и макроэлементы в виде биодоступных органических соединений. Фунгицидные и бактерицидные свойства препарата обусловлены присутствием природных фунгицидов и антибиотиков, выделяемых микрофлорой кишечника дождевых червей в процессе вермикультивирования.

Органическое гуминовое удобрение может применяться в растениеводстве, овощеводстве, садоводстве, цветоводстве, для выращивания рассады овощных и цветочных культур, на приусадебных участках в качестве питательной подкормки поливом и опрыскиванием, а также для предпосевной обработки семян. Доза внесения 2–3 л на 1 га + 300–500 л воды.

Жидкие гуминовые удобрения обладают следующими свойствами: повышают всхожесть и энергию прорастания семян; стимулируют корнеобразование у растений; способствуют быстрому ускорению черенков; стимулирует рост и ускоряет развитие растений в процессе его вегетации после высадки в грунт; повышает иммунитет растений; уменьшают содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции; препятствует поступлению тяжелых металлов и радионуклидов в растения; увеличивают содержание сахаров, белков и витаминов в плодах и овощах; устраняют хлороз и стимулируют цветение растений.

Жидкое гуминовое удобрение совместимо с гербицидами, фунгицидами и инсектицидами, что позволяет вносить его совместно с ними, без нарушения технологического процесса. Одноразовая обработка препаратом увеличивает урожай овощных культур на 30–40 %. При этом увеличивается содержание сухих веществ, витаминов и сахаров, но снижается содержание нитратов в 2,5–4,0 раза. Применение жидких гуминовых удобрений позволяет снизить дозы внесения минеральных удобрений и химических веществ до 30 %.

Использование органических удобрений позволяет получать экологически чистую продукцию, пригодную для производства продуктов детского и диетического питания.

ВЛИЯНИЕ СОЛОМЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Т. В. МАЧОК, Т. М. КИРДУН

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,
г. Минск, Республика Беларусь

В статье рассматриваются вопросы о влиянии соломы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы при различных способах обработки почвы. Показано как в зависимости от способа обработки и применения удобрений меняется урожайность и показатели качества.

Ключевые слова: озимая пшеница, солома, обработка почвы, урожайность, качество, удобрения.

Озимая пшеница является одной из самых распространенных продовольственных культур в мире, в Республике Беларусь в последние годы она занимает 505,6 тыс. га с небольшими колебаниями по годам.

Высокие устойчивые урожаи хорошего качества, особенно зерна озимой пшеницы хлебопекарного назначения, на дерново-подзолистых почвах обеспечивает совместное применение органических и минеральных удобрений. Основным источником органических удобрений в республике являются все виды навоза [1, 2]. Однако для хозяйств, специализирующихся на производстве зерна и другой продукции растениеводства, при отсутствии или слабом развитии животноводства важным источником органического вещества является солома. Использование соломы в качестве удобрения на почвах с низким содержанием гумуса или низкой биологической активностью может привести к снижению урожайности, особенно если она заделывается под озимые культуры. Для благоприятного протекания биохимических процессов в почве при заделке соломы необходимо обеспечение оптимального углеродно-азотного соотношения (20–30:1), так как по данным ряда исследователей, внесение соломы стимулирует развитие отдельных видов почвенных микроорганизмов, выделяющих токсины, поэтому для ускорения минерализации соломы и снижения негативного эффекта рекомендуется внесение компенсирующей дозы минерального азота из расчета 5–10 кг/т. Однако значение дополнительного азотного удобрения по соломе, несомненно, все больше уменьшается с повышением плодородия дерново-подзолистых [3, 4].

Целью наших исследований является установление сравнительной агроэкономической эффективности внесения по соломе, заделываемой под озимые зерновые, компенсирующей дозы азота в виде КАС и це-

люлозоразлагающего микробиологического удобрения Жыцень на среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве.

Исследования по изучению влияния соломы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, сорта Августина при разных способах обработки почвы, проводили на опытном поле Института, расположенном в ПРУП «Э/б им. Котовского» Узденского района Минской области на среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве в двух блоках: в 1-м блоке в качестве основной обработки почвы применяется вспашка на глубину 20 см, во 2-м блоке – дискование в 1 след на глубину 10–12 см. Перед закладкой полевого опыта почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH_{KCl} 5,4–5,8, содержание гумуса – 1,87–2,40 %, подвижных форм P_2O_5 – 133–206 мг/кг почвы, K_2O – 114–232 мг/кг.

Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки – 31,2 м², учетная – 24 м². Уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами [5].

Схема опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1. Влияние удобрений и способа обработки почвы на урожайность озимой пшеницы

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к контролю, ц/га
	2020 г.	2021 г.	среднее	
Вспашка				
Без удобрений (контроль 1)	43,9	33,2	38,6	
$P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	64,5	56,5	60,5	21,9
ПН КРС, 40 т/га + $P_{40}K_{35} + N_{60+30+40}$	68,3	58,9	63,6	25,0
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{50}K_{50} + N_{60+40+40}$	70,9	58,3	64,6	26,0
Солома + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	65,1	54,4	59,8	21,2
Солома + Жыцень, 3 л/га + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	69,9	54,4	62,2	23,6
Солома + $N_{20(KAC)} + P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	74,9	53,3	64,1	25,5
Дискование				
Без удобрений (контроль 2)	46,3	37,4	41,9	–
$P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	72,7	56,6	64,7	22,8
ПН КРС, 40 т/га + $P_{40}K_{35} + N_{60+30+40}$	68,7	59,3	64,0	22,1
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{50}K_{50} + N_{60+40+40}$	71,7	57,8	64,8	22,9
Солома + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	72,1	56,0	64,1	22,2
Солома + Жыцень, 3 л/га + $P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	77,7	65,4	71,6	29,7
Солома + $N_{20(KAC)} + P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	75,7	60,8	68,3	26,4
<i>НСР₀₅ (удобрения)</i>	5,3	4,3	4,8	4,8
<i>НСР₀₅ (обработка почвы)</i>	2,3	2,3	2,3	2,3

Минеральные удобрения аммонизированный суперфосфат и хлористый калий внесены согласно схеме опыта осенью с последующей заделкой. Азотные удобрения внесены весной в три приема. Первую подкормку проводили КАС в фазу начало активной вегетации растений, последующие, в фазы 1-го узла и появления флаг листа, карбамидом. Солому предшественника измельчали и распределяли равномерно по делянкам, в вариантах без соломы ее убирали с поля. По измельченной соломе, согласно схеме опыта, вносили микробное удобрение Жыцень в дозе 3 л/га и КАС в дозе 20 кг/д. в./га с последующей заделкой дисками.

В период вегетации озимой пшеницы в 2019–2020 гг. зима была теплой и бесснежной, в результате перезимовка растений составила 98 %. При этом основной период формирования и налива зерна был в целом благоприятным для озимой пшеницы, что обеспечило высокую урожайность зерна в опытах в 2020 г.

В период вегетации озимой пшеницы в 2020–2021 гг. выпадение снега на слабозамерзшую почву (среднесуточная температура в декабре – -1,2 °С, обильные осадки в виде снега в январе – 109 мм (в 2,3 раза выше нормы) и длительное сохранение снежного покрова (до середины марта) способствовали сильному развитию снежной плесени на озимой пшенице. В результате перезимовало всего 66 % растений. В погодных условиях 2020–2021 гг. за счет эффективного плодородия среднеоккультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвы сформировано 33,2 ц/га зерна, что на 10,7 ц/га ниже, чем в погодных условиях 2019–2020 гг. (табл. 1). Содержание протеина в данном варианте составило 8,54–9,54 %, клейковины – 17,68–17,60 %, т. е. зерно пшеницы, выращенной без удобрений, может быть пригодно только на фураж, в то время, как в удобренных вариантах зерно пшеницы соответствует требованиям, предъявляемым к продовольственному зерну (табл. 2).

Таблица 2. Влияние удобрений на содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы при разных способах обработки почвы

Вариант	Содержание протеина, %		Содержание клейковины, %	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
1	2	3	4	5
Вспашка				
Без удобрений (контроль 1)	8,54	9,54	17,68	17,60
$P_{65}K_{115} + N_{70+40+40}$	13,56	14,49	25,92	29,26
$ПН КРС, 40 \text{ т/га} + P_{40}K_{35} + N_{60+30+40}$	13,05	14,67	25,27	30,16
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{50}K_{50} + N_{60+40+40}$	13,02	14,96	25,18	31,39

1	2	3	4	5
Солома + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,48	14,98	26,61	31,76
Солома + Жыщень, 3 л/га + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,34	15,45	26,28	32,99
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,34	15,13	25,73	32,14
Дискование				
Без удобрений (контроль 2)	8,23	9,93	17,82	17,89
P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	12,39	15,67	23,53	33,17
ПН КРС, 40 т/га + P ₄₀ K ₃₅ + N ₆₀₊₃₀₊₄₀	12,30	15,39	24,26	32,42
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₅₀ K ₅₀ + N ₆₀₊₄₀₊₄₀	13,17	15,72	26,70	33,55
Солома + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,12	15,78	25,74	34,10
Солома + Жыщень, 3 л/га + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	12,79	14,92	25,29	31,15
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	13,11	15,32	26,18	31,96
<i>НСП₀₅ (удобрения)</i>	<i>0,72</i>	<i>0,49</i>	<i>1,37</i>	<i>1,47</i>
<i>НСП₀₅ (обработка почвы)</i>	<i>0,38</i>	<i>0,26</i>	<i>0,68</i>	<i>0,78</i>

В среднем за 2 года за счет эффективного плодородия почвы урожайность зерна озимой пшеницы составила 38,6 ц/га по вспашке и 41,9 ц/га в блоке с поверхностной обработкой почвы. За счет внесения P₆₅K₁₁₅+N₇₀₊₄₀₊₄₀ увеличилась не только урожайность, но и качество зерна. По содержанию клейковины в 2020 г. зерно соответствовало требованиям к продовольственному зерну 3 класса качества, в 2021 г. – 2 класса качества.

Снижение доз фосфорных и калийных удобрений на 25 и 80 кг д.в./га, соответственно, и азотных удобрений на 20 кг/га на фоне внесения 40 т/га подстильного навоза КРС не оказало существенного влияния на урожайность зерна по сравнению с минеральной системой удобрения. Уменьшение дозы подстильного навоза КРС до 30 т/га за счет применения 3 т/га соломы, что в переводе в условный навоз составило 10,5 т/га, и внесение на этом фоне P₅₀K₅₀+N₆₀₊₄₀₊₄₀ не оказало значимого влияния на урожайность зерна, содержание протеина и клейковины по сравнению с вариантом, где вносили 40 т/га подстильного навоза КРС, как в блоке со вспашкой так и с дискованием.

В варианте с заделкой соломы без компенсирующей дозы азота (Солома + P₆₅K₁₁₅ + N₇₀₊₄₀₊₄₀) урожайность зерна озимой пшеницы была на уровне минерального фона не зависимо от способа основной обработки почвы. Обработка соломы микробным удобрением Жыщень в дозе 3 л/га обеспечила выраженную тенденцию роста урожайности зерна в 2020 г. (+4,8 ц/га) и не оказала влияния в 2021 г. в блоке со вспашкой (см. табл. 1). В блоке с дискованием в качестве основной обработки почвы микробное удобрение Жыщень, внесенное по соломе

способствовало росту урожайности в 2020 г. на 5,6 ц/га, в 2021 г. – на 9,4 ц/га. Внесение компенсирующей дозы азота по соломе (N_{20}) в виде КАС увеличило урожайность зерна в блоке со вспашкой на 9,8 ц/га в 2020 г. и не оказало существенного влияния в погодных условиях вегетации озимой пшеницы в 2020–2021 гг. В блоке с дискованием отмечена обратная зависимость: прибавка урожая в 2021 г. составила 4,8 ц/га, в 2020 г. разница в урожае между вариантами с внесением по соломе компенсирующей дозы азота и без нее была недостоверной. В среднем за 2 года урожайность зерна в вариантах с соломой и дискованием в качестве основной обработки почвы была на 6,0 ц/га (10 %) выше, чем по вспашке.

1. На среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве озимая пшеница, выращенная без удобрений, может быть пригодна только на фураж, в то время как в удобренных вариантах зерно пшеницы соответствует требованиям, предъявляемым к продовольственному зерну пшеницы 2–3 класса.

2. Запашка соломы без компенсирующей дозы азота не оказала негативного влияния на растения озимой пшеницы: равномерность всходов и развитие растений озимых зерновых в осенний период было таким же, как и в вариантах с внесением по соломе компенсирующей дозы азота в виде КАС или с обработкой целлюлозоразлагающим удобрением Жыцень.

3. Обработка соломы микробным удобрением Жыцень гораздо эффективнее по влиянию на урожайность при поверхностной обработке почвы, чем при вспашке, так как минерализация соломы значительно быстрее происходит в аэробных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булавин, Л. А. Об удобрении почвы соломой / Л. А. Булавин // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 7. – С. 14–16.
2. Никончик, П. И. Что дает запашка соломы. И дает ли? / П. И. Никончик, А. Ч. Скируха // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – С. 3–5.
3. Применение органических удобрений в интенсивном земледелии: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015. – 50 с.
4. Серая, Т. М. Особенности применения соломы на удобрение / Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 13 (69). – С. 29–33.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / В. Г. Гусаков [и др.]; рук. разработ. В. Г. Гусаков. – Минск: Беларус. наука, 2005. – 460 с.

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Е. В. НАВОЛЬНЕВА, канд. с.-х. наук, мл. науч. сотрудник

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»,
г. Белгород, Российская Федерация

Исследованиями установлено влияние видов севооборотов, способов основной обработки почвы, органических и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы. Наибольшее влияние на формирование урожая зерна озимой пшеницы оказали минеральные удобрения – 73,7 %. Рассчитана корреляционная зависимость между показателями плодородия и урожайностью озимой пшеницы. Максимальная корреляционная зависимость отмечена с агрохимическими показателями.

Ключевые слова: севооборот, обработка почвы, органические удобрения, минеральные удобрения, озимая пшеница, урожайность.

Урожайность сельскохозяйственных культур является главным показателем, отражающим уровень интенсификации сельскохозяйственного производства. Урожайность культур определяет эффективность ведения сельского производства, является ее фундаментом, на основании которого формируется вся финансовая политика предприятия, и производитель сельскохозяйственной продукции стремится к постоянному повышению продуктивности всех выращиваемых культур [1, 2].

В длительном полевом многофакторном опыте, заложенном в 1987 г. по полной факториальной схеме с использованием метода расщепленных делянок на Центрально-Черноземном филиале Всесоюзного НИИ удобрений и агропочвоведения имени Д. Н. Прянишникова (теперь Белгородский ФАНЦ РАН), изучали влияние минеральных и органических удобрений, а также способы основной обработки почвы на урожай озимой пшеницы в севооборотах. Для исследования использовали данные двух севооборотов: зерноотравапропашного (ЗТП) и зернопаропропашного (ЗПП). Чередованием культур в ЗТП: многолетние бобовые травы (эспарцет) 1 г. п. – многолетние травы 2 г. п. – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень+травы. Чередованием культур в ЗПП: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – кукуруза на зерно.

Для оценки эффективности основной обработки почвы на урожай озимой пшеницы использовали данные, полученные на двух способах: вспашка на глубину 25–27 см плугом ПЛН-5-35, которой предшествовало дисковое лушение стерни на 6–8 см; минимальная обработка на глубину 10–12 см.

Схема опыта включала варианты с внесением на 1 га севооборотной площади минеральных и органических удобрений (навоз КРС):

- 1) контроль (без удобрений); 2) $N_{46/64}P_{56/58}K_{56/58}$ (1 доза); 3) $N_{92/128}P_{112/116}K_{112/116}$ (2 дозы); 4) навоз 8 т/га; 5) $N_{46/64}P_{56/58}K_{56/58}$ + навоз 8 т/га; 6) $N_{92/128}P_{112/116}K_{112/116}$ + навоз 8 т/га; 7) навоз 16 т/га; 8) $N_{46/64}P_{56/58}K_{56/58}$ + навоз 16 т/га; 9) $N_{92/128}P_{112/116}K_{112/116}$ + навоз 16 т/га.

В числителе представлены дозы для зернотравянопропашного севооборота, в знаменателе – дозы для зернопаропропашного севооборота. Навоз вносили один раз за ротацию севооборота под сахарную свеклу в дозах 40 и 80 т/га. Наиболее полно схема опыта описана в работах, а для анализа использована выборка из нее, которую можно представить формулой $2 \times 2 \times 3 \times 3$. Информативность такой выборки составляет 5,17 бит, что меньше информативности основной схемы на 1,171 бит [3].

Почва опытного участка – чернозем типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Данная почва является наиболее распространенной на территории Белгородской области [4]. Статистическую обработку данных провели дисперсионным и корреляционным методами анализа. Некоторые результаты из наших исследований были опубликованы ранее [5], но в статью добавлены неопубликованные данные влияние севооборотов на урожайность озимой пшеницы с иной оценкой достоверности различий между вариантами. Так, после предшественника – многолетние травы, без применения каких-либо удобрений, урожайность зерна озимой пшеницы составила 3,41 т/га, а после чистого пара, при таких же условиях – 3,52 т/га, то есть различия между ними были несущественны (табл. 1).

Таблица 1. Влияние вида севооборота, способа основной обработки почвы и удобрений на урожайность озимой пшеницы в пятой ротации, т/га

Удобрения		Севообороты			
органические, т/га	минеральные, кг/га д. в.	ЗТП*		ЗПП	
		В**	М	В	М
0	0	3,37	3,44	3,53	3,50
	1***	4,20	4,38	4,55	4,43
	2	4,88	5,15	5,28	5,16
8	0	3,89	3,92	4,24	4,24
	1	4,53	4,75	4,96	5,07
	2	5,13	4,85	5,52	5,56
16	0	4,05	4,32	4,66	4,55
	1	4,82	4,94	5,17	5,34
	2	5,43	5,42	5,89	5,77
Среднее		4,48	4,57	4,87	4,85
НСР ₀₅					

*Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной; ** Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная; *** Доза: для озимой пшеницы – $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Значительного влияния способ основной обработки почвы не оказал, можно лишь отметить положительное действие минимальной обработки при усреднении блоков по севооборотам. Если рассматривать действие обработки почвы отдельно по севооборотам, то определенную закономерность зафиксировать очень сложно (табл. 2).

Таблица 2. Группировка урожайности озимой пшеницы по способам обработки почвы и видам севооборотов, т/га

Внесение удобрений на 1 га севооборотной площади		Среднее по севооборотам		Среднее по обработкам	
Навоз, т/га	НПК, дозы	В**	М	ЗТП*	ЗПП
0	0	3,45	3,47	3,41	3,52
	1***	4,37	4,41	4,29	4,49
	2	5,08	5,16	5,02	5,22
8	0	4,06	4,08	3,90	4,24
	1	4,75	4,91	4,64	5,02
	2	5,32	5,20	4,99	5,54
16	0	4,36	4,43	4,19	4,60
	1	4,99	5,14	4,88	5,25
	2	5,66	5,59	5,42	5,83
Среднее		4,67	4,71	4,53	4,86
НСР ₀₅					

*Севообороты: ЗТП – зерноотравнопропашной, ЗПП – зернопаропропашной; ** Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная; *** Доза: для озимой пшеницы – N₉₀P₆₀K₆₀.

Наибольшее влияние на урожайность озимой пшеницы оказали удобрения, причем максимальное положительное действие было получено от минеральных удобрений в сравнении с органическими. Так, в среднем по двум севооборотам по вспашке повышение урожайности по сравнению с вариантом без удобрений при внесении одной дозы минеральных удобрений составило 0,92 т/га и при внесении двойной дозы 1,63 т/га, а по минимальной обработке – 0,94 и 1,69. По навозу же от одной дозы прибавка урожая при проведении вспашки составила 0,61 т/га, по двойной – 0,91 т/га, по минимальной обработке – 0,61 т/га и 0,96 т/га.

Максимальная урожайность культуры была получена при сочетании минеральных удобрений и навоза. Так, в зерноотравнопропашном севообороте в среднем по двум обработкам почвы прибавка урожая зерна озимой пшеницы от сочетания одной дозы навоза и одной дозы минеральных удобрений составила 1,23 т/га, а в зернопаропропашном севообороте – 1,50 т/га; удвоение же доз обоих видов удобрений обеспечило рост урожая – соответственно на 2,01 т/га и 2,31 т/га.

Наиболее высокое доленое участие в формировании урожая зерна озимой пшеницы было получено под действием минеральных удобрений и составило 73,7 %, навоза – 14,8 % и вида севооборота – 6,4 %; на

обработку почвы в среднем за годы исследований приходилось всего 0,1 %.

Таким образом, урожайность озимой пшеницы формировалась, в основном, под влиянием доз органических и минеральных удобрений, вида севооборота и не зависела от способа основной обработки почвы.

Для выяснения характера влияния основных показателей плодородия почвы на урожайность озимой пшеницы, были рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 3).

Таблица 3. **Корреляционная зависимость урожайности озимой пшеницы от показателей плодородия почвы**

Показатели	Озимая пшеница
Гумус	0,21
Азот гидролизуемый	0,81**
Подвижный фосфор	0,92**
Подвижный калий	0,94**
Гидролитическая кислотность	0,52**
Влажность почвы	0,58**
Плотность почвы	-0,42**
Структура агрегатов	0,19
Биологическая активность	0,49**

*Достоверны при $P = 0,05$.

Показатели, свидетельствующие о связях продуктивности озимой пшеницы с агрохимическими, агрофизическими и биологическими параметрами [3]. С этой целью были взяты следующие показатели: в слое почвы 0–30 см содержание гумуса 5,18–6,00% к массе почвы; гидролизуемого азота 135–148 мг/кг; подвижного фосфора 56–193 мг/кг; подвижного калия 94–164 мг/кг; гидролитическая кислотность 3,47–4,68 мг-экв./100 г почвы; запасы продуктивной влаги в начале вегетации культуры 43,5–48,3 мм; плотность почвы 1,10–1,17 г/см³; структурно-агрегатный состав почвы 72,0–80,1 %; биологическая активность почвы в слое 0–10 см 40,0–67,9 % (метод разложения льняного полотна Мишустина-Вострова-Петровой). Интервал значений показателей получен в зависимости от вида севооборота, способа обработки почвы и внесения удобрений.

Коэффициент корреляции по гумусу оказался неожиданно невысоким, но это вполне логично, так как следует учесть, что содержание гумуса достаточно консервативно и не всегда увеличивается с дозой удобрений, а этот фактор больше всего действовал на рост урожайности озимой пшеницы, что и повлияло на данный показатель корреляции.

Максимальная корреляционная зависимость отметилась с агрохимическими показателями – содержание в почве гидролизуемого азота, подвижного фосфора и калия с положительным знаком.

Между урожайностью и показателем гидролитической кислотности также зафиксирован положительный коэффициент, что, казалось бы, противоречит логике, однако здесь могла сказаться положительная связь между гидролитической кислотностью и дозами удобрений.

Достоверно положительное влияние влажности почвы и биологической активности, а влияние почвенной структуры было несущественным. Плотность пахотного слоя почвы проявила отрицательное влияние на урожай пшеницы, что и следовало доказать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловиченко, В. Д. Продуктивность чернозема типичного в зависимости от факторов земледелия в Юго-Западной части ЦЧЗ / В. Д. Соловиченко, Е. В. Навольнева, И. В. Логвинов // Земледелие. – 2020. – № 1. – С. 27–29.
2. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 396 с.
3. Цыгуткин, А. С. Информативность опыта и ее оценка / А. С. Цыгуткин // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 6. – С. 45–46.
4. Влияния способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в черноземе типичном / С. И. Тютюнов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 5. – С. 7–12.
5. Влияние пищевого режима и органического вещества на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы / С. И. Тютюнов [и др.] // Агрехимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 23–27.

УДК 631.153.3:631.4:631.504.062

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА

П. П. НАДТОЧИЙ, д-р с.-х. наук, профессор

Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины,
г. Житомир, Украина

Установлено, что длительное нахождение дерново-подзолистой почвы под залежью (1981–2020 гг.) способствовало более интенсивному накоплению органического вещества и улучшению физико-химических показателей пахотного слоя по сравнению с использованием ее в качестве пахотных угодий с применением вариантов органоминеральной и альтернативной систем удобрения.

Ключевые слова: почва, физико-химические свойства, элементы питания, удобрения, радиоактивность, севооборот.

Длительное использование дерново-подзолистых разностей почв Полесья Украины в качестве пахотных угодий, недостаточное внесение органических удобрений в последние три десятилетия, а также последствия аварии на ЧАЭС значительно ухудшили их агроэкологическое состояние [3]. Нарушено сложившееся динамическое равнове-

сие между распадом и синтезом органического вещества, являющееся основой продуктивного использования земель и определяющее обмен веществ и энергии в системе «почва-растение-атмосфера». В сложившихся условиях возникает потребность в обосновании конкретных мероприятий, направленных на воспроизводство плодородия почв и создании оптимальных условий для высокопродуктивного функционирования полевых культур в соответствии с их биологическими особенностями. Возможность реализации поставленных задач на научной основе возможна при условии проведения длительных полевых опытов в стационарных севооборотах. Целью исследования являлось изучение влияния длительного систематического применения различных вариантов системы удобрения на изменение качественных показателей почвы, продуктивность культур в севообороте, а также поступление ^{137}Cs в растительную продукцию. Полевые исследования проводили в стационарном полевом опыте Института сельского хозяйства Полесья НААН Украины (пос. Грозино Коростенского района Житомирской области). Опыт заложен в виде 9-польного севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве и размещен в пространстве в 4 полях. Морфологическое описание почвенного профиля и детальная схема стационарного опыта описана ранее [4, 5]. Чередование культур и нормы внесения удобрений по вариантам опыта за ротацию севооборота представлены в табл. 1.

Таблица 1. Схема чередования культур и нормы внесения удобрений в севообороте по вариантам опыта

Культура	Варианты системы удобрения		
	контроль	органоминеральная	альтернативная
Овес + пелюшка	пожнивные корневые остатки	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Тритикале яровая	->-	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	$\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$
Люпин (зерно)	->-	$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{15}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Рожь озимая	->-	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Картофель	->-	40 т/га навоза+ $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	20 т/га навоза+ $\text{N}_{50}\text{P}_{30}\text{K}_{45}$ + 3 т/га соломы + 12 т/га зеленой массы сидерата
Пшеница яровая	->-	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Клевер (сено)	->-	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}$	$\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Пшеница озимая	->-	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Кукуруза (зеленая масса)	->-	30 т/га навоза+ $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	15 т/га навоза+ $\text{N}_{45}\text{P}_{30}\text{K}_{45}$ + 1,5 т/га соломы + N_{15} + 9 т/га зеленой массы сидерата
Всего за ротацию	->-	70 т навоза + $\text{N}_{420}\text{P}_{510}\text{K}_{540}$	35 т навоза + $\text{N}_{285}\text{P}_{255}\text{K}_{420}$
На 1 га севообо- ротной площади	->-	7,8 т навоза + $\text{N}_{46,7}\text{P}_{57,7}\text{K}_{60}$	3,9 т навоза + $\text{N}_{31,7}\text{P}_{28,3}\text{K}_{30}$ +0,7 т/га соломы + 2,2 т/га зеле- ной массы сидерата

На вариантах органоминеральной и альтернативной системы удобрения в расчете на 1 га севооборотной площади вносилось в первом случае 7,8 т навоза + $N_{47}P_{57}K_{60}$ и 3,9 т навоза + $N_{32}P_{28}K_{30}$ + 0,7 т/га соломы + 2,2 т/га зеленой массы сидерата во втором. На контрольном варианте использовались лишь пожнивно-корневые остатки. Агротехнология выращивания полевых культур общепринятая для условий Полесья Украины. Основная обработка почвы включала вспашку на глубину 20–22 см под пропашные культуры (картофель, кукуруза) и вспашку на глубину 18–20 см под культуры сплошного посева.

Проведение аналитических работ и учет урожая выполнены по методам и методикам, соответствующим Государственным стандартам Украины. Перерасчет урожая в кормовые единицы был проведен в соответствии с [2], где коэффициенты перерасчета (1 кг массы урожая) составляли: смесь (овес + пелюшка) – 1,06; тритикале яровое – 1,15; люпин – 1,22; рожь озимая – 1,07; пшеница озимая – 1,17; кукуруза (зеленая масса) – 0,28; клевер (сено) – 0,53; картофель – 0,34.

В образцах почвы общий гумус определяли по ДСТУ 4289:2004; $pH_{КС1}$ – по ГОСТ 26483; гидролитическую кислотность (Нг) – по ГОСТ 2621; сумму обменных оснований (S) – по ДСТУ ISO 11260; обменные кальций и магний – по ГОСТу 26487; щелочногидролизированный азот – по ГОСТ 2611-84; подвижный фосфор и обменный калий – по ГОСТу 26207; подвижный молибден – по ОСТ 10151-88; удельную активность ^{137}Cs в почве и в растительной продукции – спектрометрически с использованием гамма-спектрометра СЕГ-05Н (ГН 6.6.2. – 130-2006).

Агроэкологические показатели пахотного слоя дерново-подзолистой почвы представлены в табл. 2.

Таблица 2. Агроэкологические показатели пахотного слоя дерново-подзолистой почвы в зависимости от систематического применения удобрений в севообороте (первое поле стационара, 2020 г.)

Показатели	Параметры показателей				
	перед закладкой опыта, (1981 г.)	контроль (без удобрений)	орано-минеральная система удобрения	альтернативная система удобрения	Залежь (1981–2020 гг.)
$pH_{КС1}$	5,5	5,6	5,2	5,6	5,8
Нг, мг/экв 100 г	0,88	1,15	1,00	1,10	0,86
Ca^{++} , мг/экв 100 г	1,55	1,32	1,36	1,52	2,32
Mg^{++} , мг/экв 100 г	0,35	0,33	0,35	0,38	0,56
S, мг/экв 100 г	2,03	1,77	1,85	2,02	2,95
V, %	69,7	50,2	53,4	55,6	77,4
Гумус, %	1,02	0,90	1,26	1,18	1,40
N, мг/кг	60,9	50,2	53,4	55,6	60,2
P_2O_5 , мг/кг	100,2	39,5	80,3	58,4	46,6
K_2O , мг/кг	104,8	31,2	96,4	90,4	40,6
Mo, мг/кг	0,08	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
^{137}Cs , Бк/кг (n=4)	не опр.	182±6,9	166±6,5	170±6,8	296± 11,5

В целом на момент закладки опыта (1981 г.) почва отличалась слабокислой реакцией почвенного раствора и очень низким содержанием гумуса. Сумма обменных оснований и степень насыщенности почвы основаниями не превышала 2,03 м-экв на 100 г и 70 % соответственно. Обеспеченность почвы по содержанию щелочногидролизированного азота очень низкая, подвижного фосфора и обменного калия – средняя. Согласно классификации Б. Я. Ягодина и И. В. Верниченко [1] почву по содержанию подвижной формы молибдена следует характеризовать как низко обеспеченную.

После длительного систематического применения удобрений в севообороте (1982–2020 гг.) выявлены некоторые изменения агрохимических показателей. На варианте органоминеральной системы удобрения отмечено незначительное подкисление почвенного раствора и увеличение гидролитической кислотности. По трем вариантам опыта имело место снижение подвижной формы фосфора и обменного калия по сравнению с исходными данными. Данное явление, на наш взгляд, можно объяснить более высокими нормами применения удобрений под полевые культуры на данном участке до закладки опыта. Нахождение пахотного участка в течение 1981–2020 гг. под залежью способствовало повышению содержания гумуса на 0,38 %.

Объективным показателем различных вариантов системы удобрения считается урожайность культур и выход кормовых единиц в расчете на 1 га севооборотной площади за ротацию. Данные исследований урожайности культур за четвертую ротацию севооборота (2009–2017 гг.) опубликованы ранее [4]. Перерасчет урожая культур севооборота в кормовые единицы свидетельствует, что органоминеральная система удобрения по показателям продуктивности полевых культур имела преимущество над вариантом с альтернативной системой удобрения. Выход кормовых единиц на этом варианте в расчете на 1 га севооборотной площади оказался на 0,76 т выше по сравнению с вариантом альтернативной системы удобрения (3,84 т), что обусловлено повышением на этом варианте урожайности картофеля и кукурузы на зеленую массу. Наиболее низкий показатель выхода комовых единиц отмечен на контроле – 2,16 т, где в качестве удобрений использовали лишь пожнивно-корневые остатки.

В связи с последствиями аварии на ЧАЭС особенно актуальными являются вопросы, связанные с разработкой мероприятий по снижению поступления ^{137}Cs в растительную продукцию. Территория опытного участка после аварии оказалась в зоне гарантированного добровольного отселения и поэтому растительная продукция в первое десятилетие послеаварийного периода превышала допустимые санитарно-гигиенические нормы загрязнения по радиоцезию ($^{134+137}\text{Cs}$).

В табл. 3 представлены данные удельной активности ^{137}Cs и коэффициенты его накопления в урожае пяти культур севооборота, а также в растительном покрове залежи в зависимости от вариантов системы удобрения.

Таблица 3. Удельная активность ^{137}Cs * и коэффициенты его накопления (Кн)** в урожае культур севооборота в зависимости от вариантов системы удобрения, 2017–2020 гг. (n=4)

Культура	Варианты системы удобрения		
	контроль	органоминеральная	альтернативная
Картофель	$18,5 \pm 0,21^*$ 0,10**	$12,1 \pm 0,16$ 0,07	$14,6 \pm 0,18$ 0,09
Зерно пшеницы озимой	$12,0 \pm 0,35$ 0,06	$7,9 \pm 0,26$ 0,04	$9,5 \pm 0,31$ 0,04
Зерно ячменя ярового	$10,2 \pm 0,36$ 0,06	$7,5 \pm 0,28$ 0,06	$9,6 \pm 0,30$ 0,06
Зерно люпина	$216,2 \pm 5,25$ 1,17	$48,9 \pm 1,66$ 0,23	$121,0 \pm 3,70$ 0,57
Кукуруза (зеленая масса)	$63,2 \pm 2,02$ 0,34	$22,3 \pm 0,64$ 0,11	$30,2 \pm 0,78$ 0,14
Растительный покров залежи (зеленая масса)	$72,3 \pm 2,46$ 0,26		

Примечание: Кн – соотношение удельной активности радионуклида в биомассе к удельной его активности в почве.

На период исследования (2017–2020 гг.) удельная активность ^{137}Cs в пахотном слое почвы на вариантах системы удобрения под исследуемыми культурами варьировала в пределах 166–182 Бк/кг, а на залежи составила 280 ± 12 Бк/кг.

Следует отметить, что вариант органоминеральной системы удобрения по отношению к варианту альтернативной системы удобрения и контролю оказался более эффективным относительно снижения уровня загрязнения ^{137}Cs продукции культур севооборота. Согласно принятым в Украине Государственным гигиеническим нормативам «Допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах питания и питьевой воде (ДР-2006)», на контрольном варианте и варианте альтернативной системы удобрения лишь в зерне люпина было отмечено превышение уровня содержания ^{137}Cs (>50 Бк/кг).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия / Б. Я Ягодин [и др.]; под ред. Б. А. Ягодина. – М., 1989. – 639 с.
2. Деталізована поживність кормів та раціоні годівлі корів у зоні радіоактивного забруднення Полісся України. – Житомир: Тетерів, 1994. – 288 с.
3. Екологічний стан ґрунтів України / С. А. Балок [та ін.] // Український географічний журнал. – 2012. – № 2. – С. 38–42.

4. Агроекологічне обґрунтування способів обробітку дерново-підзолистого ґрунту та систем удобрення польових культур в зоні радіоактивного забруднення Житомирського Полісся: монографія / П. П. Надточій [та ін.]; за заг. ред. П. П. Надточія і С. М. Рижука. – Житомир: Вид. ПП «Рута», 2020. – 204 с.

5. Надточій П. П. Вплив добрив і обробітку на якісний стан дерново-підзолистого ґрунту та продуктивність польових культур сівозміни в умовах Житомирського Полісся / П. П. Надточій, В. І. Ратошнюк, Т. М. Ратошнюк // Вісник с.-г. науки. – 2021. – № 5 (818). – С. 5–15.

УДК 631.431.2:231.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ

В. А. НИКОЛАЕВ, канд. с.-х. наук, доцент,
Л. И. ЦИГРОВА, аспирант

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева»,
г. Москва, Российская Федерация

Рассматриваются закономерности изменения содержания и распределения элементов питания в дерново-подзолистой почве при разных системах обработки и урожайность ячменя. Улучшение азотного режима на варианте с минимальной обработкой почвы обеспечивало и более высокую продуктивность изучаемой культуры.

***Ключевые слова:** дерново-подзолистые почвы, нитратный азот, аммонийный азот, минимальная обработка, отвальная обработка.*

Усиление эффективности азотных удобрений связано с тем, что минеральный азот стимулирует рост растений в начальные фазы вегетации растений, когда активность азотофиксирующих бактерий еще относительно не велика из-за недостаточного прогрева почвы и малого количества корневых выделений [3].

Сохранение и повышение плодородия почвы достигается за счет использования органических и минеральных удобрений и широкого применения минимальных ресурсосберегающих систем обработки почвы [5]. Важная роль при этом отводится способу, глубине и интенсивности перемешивания почвы, определяющих скорость минерализации органического вещества, и доступность элементов питания [2, 4].

Целью исследований являлось установление закономерностей изменения показателей плодородия почвы под действием разных по интенсивности систем обработки при возделывании зерновых культур.

Исследования проводились на опытном поле ЦТЗ, в РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. Полевой опыт заложен в двукратной повторности, при систематическом двухъярусном размещении вариантов.

Объектом исследования являлись агрохимические свойства почвы и зерновая 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 оборотным плугом Eur Oral на глубину 20–22 см) и минимальную обработку навесным дисковым культиватором Pegasus на глубину 10–12 см. Дозы вносимых в опыте минеральных удобрений рассчитывали на планируемую урожайность ячменя – 5 т/га [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), рН водной вытяжки колеблется в пределах от 5,8 до 6,2.

При проведении полевых и лабораторных исследований были использованы следующие методы и методики:

1. Содержание общего азота в почве – титриметрическим методом.
2. Учет урожайности основных культур – сплошным методом (Б. А. Доспехов, 1979 г.).

Как показали наши исследования, в начальный период роста и развития ячменя (фаза кущения) при высоком исходном уровне содержания азота в почве, за счет внесения доз, рассчитанных на урожайность 5 т/га (120 кг/ д. в.), изучаемые системы обработки почвы не оказывали существенного влияния, как на общее содержание подвижных форм азота, так и на их распределение по слоям корнеобитаемого горизонта и оно находилось на уровне средней степени обеспеченности. По мере роста и развития растений, содержание аммонийных форм азота резко сократилось и в фазу кущения находилось на уровне 0,1 мг/кг почвы независимо от глубины отбора образцов и вариантов обработки почвы (табл. 1).

Таблица 1. **Содержание аммонийного и нитратного азота в почве под посевами ячменя, мг/кг почвы**

Фаза развития растений	Способ обработки почвы	Слой почвы, см	NO ₃	NO ₄
1	2	3	4	5
Кущение	Отвальная	0–10	34,8	0,1
		10–20	36,6	0,1
		20–30	37,3	0,1

1	2	3	4	5
	Минимальная	0–10	33,9	0,1
		10–20	35,6	0,1
		20–30	36,8	0,1
Колошение	Отвальная	0–10	33,1	1,01
		10–20	34,9	1,01
		20–30	35,3	1,02
	Минимальная	0–10	32,5	1,03
		10–20	34,2	1,04
		20–30	35,1	1,04
Молочно-восковая спелость	Отвальная	0–10	34,9	0,1
		10–20	37,6	0,1
		20–30	37,8	0,1
	Минимальная	0–10	33,6	0,1
		10–20	36,1	0,1
		20–30	36,7	0,1

Наименьшее содержание нитратного азота как в варианте с отвальной обработкой почвы, так и в варианте с минимальной отмечали в слое 0–10 см, где расположена основная масса корневой системы, а следовательно, из этого слоя он и потреблялся ячменем в первую очередь.

К середине вегетации потребность растений в азотном питании уменьшается, но увеличивается потребность в фосфоре и калии, что связано с формированием репродуктивных органов растений. Повышается доля аммонийного азота до 1 мг/кг почвы, т. е. в 9–10 раз.

К концу вегетации содержание нитратного азота по сравнению с фазой колошения увеличивается, что свидетельствует о продолжительности процесса высвобождения азота и замедление его поглощения растениями ячменя, что связано с динамичностью процессов превращения азотистых веществ и резким уменьшением потребности ячменя в этом элементе.

Наши исследования показали, что урожайность ячменя по изучаемым вариантам опыта определялась как применением удобрений, так и системами обработки почвы (отвальная и минимальная) (табл. 2).

Таблица 2. Влияние разных приемов обработки на урожайность ячменя

Обработка почвы	Урожайность, т/га
	Ячмень
Отвальная	2,6
Минимальная	2,8

Примечание. НСР₀₅ = 0,21 т/га.

Так, урожайность ячменя в среднем на варианте с минимальной обработкой составила 2,8 т/га, а при отвальной – 2,6 т/га, что выразилось в повышении урожайности данной культуры на 0,2 т/га в пользу минимальной системы обработки почвы.

1. На содержание аммонийных форм азота оказала минимальная обработка, где их содержание в пахотном слое увеличивалось за вегетацию в среднем на 0,03 мг на кг почвы.

2. Отмечена тенденция к увеличению урожая ячменя (на 0,2 т/га) – при минимальной системе обработки почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беленков, А. И. Агроэкологическая концепция исследований и агрофизические свойства почвы в посадках картофеля полевого опыта ЦТЗ / А. И. Беленкова, В. А. Николаев, А. В. Шитикова // Агрофизика. – 2011. – № 3. – С. 5–14.

2. Лошаков, В. Г. Севооборот и плодородие почвы / В. Г. Лошаков. – М.: Изд. ВНИИА, 2012. – С. 217.

3. Влияние нового регулятора роста и развития растений Антоник Плюс на химический состав и качество получаемой льнопродукции / И. И. Дмитриевская [и др.] // Плодородие. – 2015. – № 6. – С. 12–14.

4. Кшникаткина, А. Н. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян комплексными микроудобрениями и бактериальными препаратами / А. Н. Кшникаткина, И. Г. Русяев // Агрохимический вестник. – 2018. – № 3. – С. 48–50.

5. Матюк, Н. С. Влияние разных систем обработки почвы на динамику содержания элементов питания в растениях ячменя / Н. С. Матюк, В. А. Николаев, Л. И. Шигрова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3 (55). – С. 86–94.

УДК 631.854.2:631.51: 631.524:631.526

ВЛИЯНИЕ КУРИНОГО ПОМЕТА НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

В. В. ОКОРКОВ, д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник,
Н. Н. ЩУКИН, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотрудник

ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»,
г. Суздаль, Российская Федерация

Действие (2019 г.) и последствие (2020 г.) свежего куриного помета (КП) в дозе 120 т/га, внесенного путем разбрасывания и заправки в малоплодородную дерново-подзолистую почву в Пошехонском районе Ярославской области, активизируют микробиологические процессы, улучшают агрохимические и физико-химические свойства почвы, способствуя значительному росту урожайности зерновых культур (в т.ч. яровой пшеницы в 3–5,4 раза). Негативное влияние действия КП – увеличение содержания нитратного азота в почве до избыточного количества (превышение ПДК), угнетающего состояние растений (полегание, вторичное побегообразование, удлинение вегетации

и др.). Необходимы исследования по разработке доз КП, обеспечивающих повышение запасов $N-NO_3$ в слое почвы 0–40 см до 180 кг/га, соответствующих концентрации нитратов в почве ниже ПДК.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, куриный помет, нитратный азот, зерновые культуры.

Свежий куриный помет (в отличие от перепревшего) сохраняет более высокий резерв органического вещества и значительный исходный запас минерального азота, которым может восполняться его дефицит в почве в течение вегетации растений.

Согласно российским критериям воздействия на окружающую среду, свежий помет относится к отходам 3-го класса опасности и для применения в сельском хозяйстве подлежит предварительной утилизации – обеззараживанию в хранилищах, компостированию или высушиванию. Европейские же регламенты допускают использование этой категории отходов для внесения в почву без специальной обработки, но при соответствующем ветеринарно-санитарном контроле и выдерживании в хранилищах.

Многие отечественные птицеводческие предприятия используют современные технологии производства при клеточном содержании птицы с регулярным удалением подсушенного вентиляцией помета, высоким уровнем качества кормления и ветеринарно-санитарного контроля, благодаря которым снизилась потенциальная биологическая опасность применения отходов, а именно, помета. В связи с этим возникает необходимость пересмотра норм и порядка его использования, как для более широкого вовлечения в сельскохозяйственное производство в виде свежей органики, так и для снижения затрат предприятий птицеводства на утилизацию помета без ущерба экологической безопасности местности и населения.

Применение КП в качестве органического удобрения должно регулироваться нормой и равномерностью распределения (разбрасывания) по полю с учетом особенностей почвенно-климатических условий.

В 2019–2020 гг. изучалось действие и последствие внесения свежего куриного помета (КП) на плодородие почвы по изменению численности и состава микрофлоры, агрохимических и физико-химических свойств, их влиянию на биологические особенности и продуктивность сортов зернофуражных культур.

Исследования проводились на дерново-слабоподзолистой почве, свойства которой характерны для Северо-Запада Верхневолжья в Пошехонском районе Ярославской области. Динамику вышеперечисленных свойств почвы наблюдали как без внесения куриного помета (контроль), так и с его запашкой. В 1 т помета содержалось: 66,4 % влаги, 373 кг органического вещества (в пересчете на углерод), 21 кг общего азота, 26 кг P_2O_5 и 8,4 кг K_2O .

В процессе изучения применяли общепринятые методы агрохимического анализа почвы [1, 2]. Содержание гумуса определяли методом Тюринга в модификации ЦИНАО, нитратного азота – потенциометрическим методом, аммонийного азота в почве – методом индофеноловой зелени, подвижного фосфора – по Кирсанову, обменного калия – по Масловой, $N-NH_4$ (водн.) – с помощью ионоселективного электрода на ионы NH_4^+ при соотношении почва : вода-1:1. Определение обменной кислотности и подвижного алюминия выполняли по Соколову, гидролитической кислотности – по Каппену (титрованием), суммы поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу, гранулометрического состава – по Н. А. Качинскому.

В 2019 г. свежий куриный помет в дозе 120 т/га внесли разбрасывателем под весновспашку (на 20–22 см). Система обработки почвы и ухода за посевами была аналогична по годам и включала: дискование на глубину 12–15 см, две культивации (на 10–12 и 5–7 см) с боронованием, протравливание семян, посев, обработку пестицидами по вегетации (против сорняков, болезней и вредителей), минеральные удобрения не вносились.

Ежегодно проводилось по 3 полевых опыта, заложенных по действию (посев в год внесения 24–25 мая 2019 г.) и последствию (1-й год – 29 мая 2020 г.) КП. Опыты включали сорта зерновых культур: пшеницы и тритикале яровых, ячменя, овса пленчатого и голозерного. Норма высева всхожих семян зерновых культур – 5,0 млн/га. Повторность 3-кратная. Размер учетных делянок 120 м², размещение их систематическое.

Применяли новые и районированные (по 2-й зоне) интенсивные сорта культур, изучаемые в опытах и селекционных научных центрах России и РБ: ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», НПЦ «НАН Беларуси по земледелию» [3].

Экологические, морфологические и визуальные наблюдения, качественный анализ зерна и статистическая обработка данных урожайности культур по сортам проводились по соответствующим методикам: «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», т. 1, 2 – 1989,1991; «Методика полевого опыта» Доспехов Б. А., 1985; статистическая обработка результатов по программам STAT VІІА и EXCEL.

За период май-сентябрь 2019 года сумма осадков составила 408 мм (норма 343 мм) при средней температуре воздуха 13,3 °С (норма 14,5 °С). Относительно прохладный, но менее влажный вегетационный период 2019 г. был более благоприятным для роста и развития зерновых культур, чем последующий 2020 г.

В мае-сентябре 2020 г. выпало 503 мм осадков (на 46 % выше среднесуточных данных), средняя температура воздуха приближалась к норме и составила 14,0 °С.

Влияние помета на динамику микробиологической активности и микрофлоры почвы. В отделе биологии и биохимии почв «Почвенного института им. В. В. Докучаева» изучались образцы почвы, отобранные через 30 дней после внесения помета и без него (контроль) на разных глубинах (0–20 см, 20–30 см и 30–40 см), для оценки действия органики на микробиологические свойства почвы (активность микроорганизмов азотного и углеродного циклов, аэробные и анаэробные процессы). Численность микроорганизмов определяли методами посева на твердые (МПА, КАА, ГА, Гетчинсона, Эшби) и жидкие (Виноградского, ГНД) селективные питательные среды. В данном исследовании рассматривались группы микроорганизмов, участвующие в процессах, как накопления, так и потери азота из почвы.

Отмечено, что в пахотном горизонте (0–20 см) увеличилась численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов – аммонификаторов (с 6,18 до 6,64 lg КОЕ/г), амилolitikов (с 6,08 до 7,01 lg КОЕ/г), актиномицетов (с 5,44 до 6,46 lg КОЕ/г), олиготрофов (с 4,97 до 7,02 lg КОЕ/г) и целлюлозолитиков (с 3,65 до 3,92 lg КОЕ/г). При этом активизация бактерий азотного цикла указывала на усиление процессов аммонификации и нитрификации, способствующих накоплению запасов минерального азота в почве, а развитие мицелиальных форм микроорганизмов – микромикетов и актиномицетов по всему профилю – на возможное улучшение структуры почвы.

Несмотря на то, что запахивание помета производилось в слой 0–20 см, действие его на активность микроорганизмов наблюдалось и в более глубоких слоях (до 40 см), связанное с вымыванием питательных веществ из верхнего в нижележащие слои почвы.

На примере изменения целлюлозолитиков (табл. 1) видно, что внесение помета наряду с повышением биологической активности всех изучаемых слоев почвы на 20 % уменьшило в ней видовое разнообразие микроорганизмов (только до глубины 30 см), объяснимое перестройкой микробного сообщества при поступлении в почву разного количества экзогенного органического вещества.

Особенностью целлюлозоразлагающих микроорганизмов является их высокая требовательность в питании азотом. Поэтому скорость разложения клетчатки, возможно, повышалась с увеличением содержания в почве легкодоступного азота в результате внесения помета.

Таблица 1. Влияние помета на число видов целлюлозолитических микроорганизмов в почве

Вариант	Виды микроорганизмов	Глубина, см	Количество видов
Контроль (б/у)	<i>Clonostachys rosea</i> <i>Mucor hiemalis</i> <i>Mortierella spp</i>	0–20	10
	<i>Myrothecium atrum</i> <i>Acremonium spp</i>	20–30	8
	<i>Chaetomium globosum</i> актиномицеты <i>spp</i>	30–40	3
Внесение помета	<i>Clonostachys rosea</i> <i>Acremonium kiliense</i> <i>Monilia geophila</i>	0–20	8
	<i>Fusarium spp.</i> <i>Mucor hiemalis</i>	20–30	6
	<i>Myrothecium atrum</i>	30–40	6

Процесс нитратного дыхания (денитрификации) был обнаружен во всех почвенных образцах. В контроле максимальная численность денитрификаторов зафиксирована в пахотном горизонте и составила 16,63 Σ lg КОЕ по интегральному показателю. После внесения помета активность микроорганизмов нитратного дыхания в слое 0–20 см возросла на 5 порядков и составила 21,65 Σ lg КОЕ. Сильнее процесс нитратного дыхания затронул горизонт 20–30 см, где численность денитрификаторов увеличилась по сравнению с контролем более, чем на 7 порядков (с 12,36 до 19,59 Σ lg КОЕ).

Следует отметить, что переувлажнение верхнего слоя почвы в результате обильных осадков снизило активность в нем аэробных микроорганизмов (аммонификаторов, амилолитиков, актиномицетов, олиготрофов, целлюлозолитиков и аэробных азотфиксаторов) по сравнению с подпахотным и наоборот увеличило численность анаэробных групп (денитрификаторов и анаэробных азотфиксаторов). Это, очевидно, объясняется длительным застоём поверхностных вод в легкосуглинистом пахотном профиле почвы при слабой инфильтрации влаги в нижележащие слои со средне- и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом.

Влияние куриного помета на изменение агрохимических и физико-химических свойств почвы.

Исследования показали (табл. 2), что без внесения куриного помета в легкосуглинистом слое почвы 0–30 см преобладала близкая к слабокислой реакция среды, содержание подвижного фосфора и обменного калия – повышенное; в среднесуглинистом слое 30–40 см – среднекис-

лая, фосфора – повышенное и калия – среднее. Исходные запасы нитратного азота в слое 0–20 см (62,7 кг/га) могли обеспечить урожайность зерновых около 2 т/га. В сентябре произошло их снижение в этом слое в 5,6 раз, а в слое 0–40 см – в 3,7 (25,3 кг/га). Запасы N–NH₄ в слое 0–40 см в сентябре (71,2 кг/га) по сравнению с ионом возросли в 1,5 раза.

В 2020 году в 1-й (20.07) и 2-й (31.08) сроки наблюдений запасы нитратного азота в слое 0–40 см были близкими и по сравнению с сентябрьским (10.09) сроком 2019 г. снизились с 25,3 до 17,9–20,7 кг/га, а запасы аммонийного азота – с 71,2 до 53,0 кг/га. В слое 0–100 см запасы N–NH₄ составили 113 кг/га. Степень перехода их в жидкую фазу в этот срок в слое 0–40 см в 2019 году варьировала от 1,5 до 2,1 %, а в 2020 – от 0,6 до 1,3 %.

Таблица 2. Динамика физико-химических и агрохимических свойств почвы без внесения куриного помета

Глубина слоя, см	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NH ₄ (водн.)	w, %	Запасы N-NH ₄ , кг/га	Запасы в жидкой фазе, кг/га	
									N-NO ₃	N-NH ₄
мг/100 г почвы										
1-й срок, 1-я декада июня 2019 г.										
0–20	4,96	14,1	13,7	2,09	0,96	0,0377	3,9	28,8	62,7	1,1
20–30	4,99	13,0	12,0	1,35	0,73	0,0202	2,8	11,0	20,2	0,3
30–40	4,53	12,5	9,8	0,74	0,49	0,0114	2,3	7,4	11,1	0,2
Σ								48,2	94,0	1,6
2-й срок, 1-я декада августа 2019 г.										
0–20	5,10	12,7	8,24	1,32	0,96	0,0150	1,6	28,2	39,5	0,5
20–30	5,18	12,0	14,2	1,10	1,14	0,0075	0,7	17,1	16,5	0,2
30–40	4,65	11,6	8,9	0,66	0,84	0,0045	0,5	12,4	9,9	0,1
Σ								58,4	65,9	0,8
3-й срок, 1-я декада сентября 2019 г.										
0–20	5,02	11,1	13,9	0,37	1,31	0,0279	2,1	39,3	11,1	0,8
20–30	5,00	14,1	10,6	0,48	1,46	0,0222	1,5	21,0	7,2	0,3
30–40	5,04	14,3	12,7	0,39	1,06	0,0176	1,7	10,9	7,0	0,3
Σ								71,2	25,3	1,4
2-й срок, 31.08.2020 г.										
0–20	5,15	14,8	15,6	0,39	0,98	0,0131	1,3	29,4	11,7	0,39
20–30	4,78	15,3	12,5	0,37	0,97	0,0082	0,9	14,6	5,6	0,12
30–40	4,61	16,0	10,2	0,23	0,60	0,0035	0,6	9,0	3,4	0,05
Σ	–	–	–	–	–	–	–	53,0	20,7	0,56
40–50	4,52	17,7	9,96	0,19	0,60	0,0036	0,60	9,0	2,8	0,05
50–60	4,54	12,5	9,56	0,14	0,67	0,0023	0,3	10,0	2,1	0,03
60–80	4,69	14,7	10,1	0,12	0,70	0,0058	0,8	21,0	3,6	0,17
80–100	4,74	25,8	11,2	0,11	0,66	0,0053	0,8	19,8	3,3	0,16
Σ								113,0	32,5	0,97

Примечание. w – степень перехода аммонийного азота почвы в жидкую фазу.

Под действием куриного помета наблюдалось снижение кислотности (повышение pH_{KCl}) почвы (табл. 3). В сентябре уже в слое 30–40 см величина pH_{KCl} была близка к 7,0. В этот срок резко возросло содержание подвижного фосфора (до 15–31 мг/100 г почвы) и обменного калия (в слоях 20–30 и 30–40 см до 33–45 мг/100 г). По сравнению с контролем в июне и августе наблюдали увеличение содержания и запасов нитратного азота (в слоях 0–20 и 20–30 см в 3–4 раза).

Таблица 3. Динамика физико-химических и агрохимических свойств почвы при внесении куриного помета

Глубина слоя, см	pH_{KCl}	P_2O_5	K_2O	N- NO ₃	N- NH ₄	N-NH ₄ (водн.)	w, %	Запасы N-NH ₄ , кг/га	Запасы в жидкой фазе, кг/га	
		мг/100 г почвы							N- NO ₃	N- NH ₄
1-й срок, 1-я декада июня 2019 г.										
0-20	5,41	13,8	21,0	5,75	3,94	0,344	8,7	118,2	172,5	10,3
20-30	4,95	10,1	20,1	4,36	4,69	0,394	8,4	70,4	65,4	5,9
30-40	4,24	7,4	14,1	0,85	0,65	0,0153	2,3	9,8	12,7	0,2
Σ								198,3	250,6	16,4
2-й срок, 1-я декада августа 2019 г.										
0-20	5,05	11,6	19,1	3,80	1,26	0,111	8,8	37,8	114	3,3
20-30	6,37	14,7	36,5	6,92	7,79	1,34	17,2	116,8	104	20,1
30-40	4,60	10,4	10,8	3,89	4,51	0,227	5,0	67,6	58,3	3,4
Σ								222,3	276,3	26,8
3-й срок, 1-я декада сентября 2019 г.										
0-20	5,38	15,0	15,7	0,64	1,71	0,0702	4,1	51,3	19,2	2,1
20-30	6,68	27,7	33,0	3,72	6,38	0,787	12,3	95,7	55,8	11,8
30-40	7,09	31,0	45,4	5,75	13,6	3,06	22,5	204	86,2	45,9
Σ								351	161,2	59,8
1-й срок, 20.06.2020 г.										
0-20	6,08	21,7	19,8	2,40	1,46	0,040	2,7	43,8	72,0	1,20
20-30	5,98	21,5	18,4	2,63	0,83	0,022	2,6	12,4	39,4	0,33
30-40	5,66	17,6	13,8	1,86	0,66	0,011	1,7	9,90	27,9	0,16
Σ								66,1	139	1,69
40-50	4,71	17,3	11,3	1,67	0,64	0,012	1,9	9,6	25,0	0,18
50-60	4,73	24,4	10,6	1,48	0,88	0,011	1,3	13,2	22,2	0,17
60-80	4,80	22,9	9,50	1,35	0,57	0,0085	1,7	17,1	40,4	0,28
80-100	5,75	23,4	11,9	1,26	0,62	0,0097	1,6	18,6	37,8	0,29
Σ								124,6	264	2,61
3-й срок, 31.08.2020 г.										
0-20	5,93	15,8	16,7	0,63	1,36	0,0306	2,2	40,8	18,9	0,93
20-30	5,86	14,6	14,4	0,98	1,05	0,0198	1,9	15,8	14,7	0,30
30-40	5,35	13,5	10,3	0,66	0,79	0,0066	0,83	11,8	9,9	0,10
Σ	–	–	–	–	–	–	–	68,4	43,5	1,33
40-50	4,80	13,5	9,0	0,72	0,73	0,0050	0,68	11,0	10,8	0,075
50-60	4,69	14,7	9,81	0,83	0,75	0,0054	0,73	11,2	12,4	0,082
60-80	4,81	15,9	9,68	0,80	0,69	0,0039	0,57	20,7	24,0	0,117
80-100	5,42	17,8	13,0	0,76	0,64	0,0027	0,43	19,2	22,8	0,082
Σ	–	–	–	–	–	–	–	130,5	114	1,69

Известно, что в отличие от других органических удобрений птичий помет характеризуется довольно узким отношением углерода к азоту (примерно 5–7), вследствие чего он быстро минерализуется микрофлорой почвы. Основная часть азота в птичьем помете представлена соединениями мочевой кислоты, которая превращается в мочевины, а затем – в углекислый аммоний. Один из продуктов его гидролиза углекислый газ переходит в газообразную фазу, а другой (аммиак) нейтрализует почвенную кислотность и в виде ионов NH_4^+ поглощается отрицательно заряженным поглощающим комплексом почвы. Возможны и газообразные потери аммиака.

Обильные осадки июля 2019 г. (153 мм) привели к перемещению нитратного азота глубже 40 см и формированию в сентябре максимума его запасов в слое 30–40 см. В июне он был в слое 0–20 см, в августе – в слое 20–30 см. В верхних слоях почвы содержание N-NO_3 превышало величину ПДК (13 мг нитратов/100 г или около 3,0 мг N-NO_3 /100 г почвы). В первом приближении экологически безопасную дозу свежего КП можно оценить делением примененной дозы на размеры превышения средневзвешенного содержания N-NO_3 в слое 0–30 см в год его действия предельно допустимых концентраций (ПДК). В 2019 г. (1-й срок, табл. 3) размеры превышения ПДК составили 1,77 раз ($\{5,75 \times 2 + 4,36\} : 3$). Поэтому экологически безопасная доза КП составит 67,8 т/га (120 : 1,77).

В июне 2020 года по сравнению с сентябрем 2019 года в слое почвы 0–40 см запасы нитратного азота снизились со 161 до 139 кг/га, а аммонийного (в жидкой фазе) – с 59,8 до 1,69 кг/га.

Активное перемещение N-NO_3 , начавшееся в августе 2019 г., продолжилось и в более поздние сроки. Сумма запасов N-NO_3 в метровом слое почвы в июне 2020 г. (264 кг/га) была близка к запасам его в слое почвы 0–40 см в августе 2019 года (276 кг/га). К концу августа 2020 г. произошло снижение запасов нитратного азота как в слое 0–40, так и в слое 40–100 см.

Оно происходило преимущественно за счет его поглощения возделываемыми культурами (150 кг/га N-NO_3). Этому благоприятствовало снижение почвенной кислотности (повышение $\text{pH}_{\text{КС1}}$) как в слое 0–40, так и в слоях 40–100 см.

Высоким запасам в слое почвы 0–40 см нитратного (250,6–276,3 кг/га в июне-августе) и аммонийного (26,8–59,8 кг/га в августе-сентябре) азота в жидкой фазе соответствовала урожайность зерна изучаемых сортов яровой пшеницы 7,45–9,69 т/га и яровой тритикале 9,37 т/га ($\text{НСР}_{05} = 0,56$ т/га). В контроле урожайность зерна яровой пшеницы составила 1,75 т/га (табл. 4).

По последствию куриного помета в 2020 г. урожайность сортов яровой пшеницы варьировала в пределах 3,90–5,08 т/га, яровой тритикале – 5,28 т/га. В контрольном варианте урожай зерна яровой пшеницы равнялся 1,45 т/га (НСР₀₅ = 0,32 т/га). По последствию помета вынос нитратного азота 1 т зерна с учетом побочной продукции варьировал от 29,5 до 38,5 кг, что совпадает с обобщенными литературными данными – 30–40 кг азота на 1 т зерна [4].

Таблица 4. Показатели формирования урожая сортов пшеницы и тритикале в 2019–2020 гг.

Сорт	Урожайность, т/га		Число продуктивных стеблей, шт./м ²		Высота растений, см		Вес зерна с колоса, г		Масса 1000 зерен, г	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Злата (б/у)	1,75	1,45	382	361	63	73	0,46	0,48	24,6	27,7
Злата	9,46	4,37	569	428	88	81	1,67	1,02	38,8	40,6
Эстер	8,34	4,59	727	421	101	104	1,15	1,09	24,8	39,6
Рима	8,82	4,68	660	452	109	103	1,34	1,04	30,5	40,3
Лиза	7,45	3,90	571	439	71	67	1,31	0,89	34,2	37,7
Сударыня	9,14	4,71	693	426	92	83	1,32	1,11	33,8	41,1
Каменка	9,69	5,08	681	438	85	84	1,43	1,16	35,3	41,6
Ладья	9,25	5,13	623	417	83	80	1,49	1,23	40,4	42,0
Виталия	9,48	4,86	685	441	89	83	1,39	1,10	34,2	39,1
Норманн	9,37	5,28	524	415	97	95	1,79	1,27	39,0	43,2
НСР ₀₅	0,56	0,32	–	–	–	–	–	–	–	–

В 2020 г. резко снизились запасы N–NH₄ почвы (в слое 0–40 см с 351 до 66 кг/га, уменьшение 285 кг/га), уменьшилась степень перехода его в жидкую фазу. Очевидно, что это связано с особенностями минералогического состава илистой фракции этих почв, в которой преобладали гидрослюды и слюды. Косвенно это подтверждается высокой емкостью катионного обмена (23–24 мг-экв/100 г почвы) слоев 40–80 см. Возможно, что кристаллизация воды в осенне-зимний период приводила к повышению концентрации ионов аммония в оставшемся растворе и интенсивному их вхождению в поглощенное состояние. Повышенная концентрация ионов в жидкой фазе вызывала коагуляцию почвенных коллоидов, способствовала внутриагрегатному поглощению ионов NH₄⁺ ПК. В работе [5] на серых лесных почвах Верхневолжья, характеризующихся преобладанием в илистой фракции смешанослойных слюда-сметитовых образований, выявлено интенсивное внутриагрегатное поглощение ионов NH₄⁺ в засушливые и сухие годы.

Данные по снижению запасов N–NH₄ почвы в слоях 0–40 и 40–100 см и аммонийного азота в жидкой фазе ее свидетельствовали о слабой роли N–NH₄ почвы, определяемого в 1 М растворе КС1, в пита-

нии возделываемых культур азотом по последдействию куриного помета. Уменьшение степени перехода $N-NH_4$ почвы по последствию помета по сравнению с действием с 2,3–22,5 до 0,5–3,9 % – свидетельство последнему. Высокая степень перехода $N-NH_4$ почвы в жидкую фазу (22,5 %) в слое 30–40 см обеспечивала и значительное перемещение $N-NH_4$ глубже 40 см.

По действию помета (по сравнению с контролем) заметно возростала роль $N-NH_4$ в питании растений, так как его количество в жидкой фазе в слое 0–40 см увеличилось с 0,8–1,6 (табл. 2) до 16,4–59,8 кг/га (табл. 3).

Наши исследования показали, что между степенью перехода аммонийного азота почвы в жидкую фазу ($0,3 < w < 33$, %) и его содержанием в почве ($0,47 < x < 18$, мг/100 г почвы) наблюдается тесная линейная связь:

$$w = 0,67 + 1,70 x,$$

где число наблюдений $n = 58$, $r = 0,930$, $r^2 = 0,865$, $t_{\text{сущ}} = 18,9$, доверительный интервал = 4,9 %.

Можно полагать, при степени перехода $N-NH_4$ в жидкую фазу менее 5 % его участие в питании растений слабое, при степени перехода 10 % $> w > 5$ % – среднее, 15 % $> w > 10$ % – высокое, а при $w > 15$ % – очень высокое. На изучаемых почвах это достигается при содержании $N-NH_4$ в почве, соответственно, менее 2,5, с 2,5 до 5,5, с 5,5 до 8,5 и более 8,5 мг/100 г почвы. С ростом этих параметров увеличивается и интенсивность передвижения $N-NH_4$ по профилю почвы.

Эти данные свидетельствуют и о неравноценности нитратного и аммонийного азота в питании в критические для растений периоды, когда за ограниченный промежуток времени необходимо использовать из жидкой фазы количество азота, обеспечивающее высокую урожайность культуры.

Влияние действия и последствия помета на урожайность сортов зернофуражных культур.

Улучшение физико-химических и агрохимических свойств почвы в результате трансформации помета в относительно благоприятных погодных условиях способствовало увеличению урожайности зерновых культур. Так, урожайность яровой пшеницы Злата без удобрений (контроль) в 2019 и 2020 гг. составила 1,75 и 1,45 т/га, а по действию и последствию КП она возросла в 5,4 и 3 раза, соответственно (табл. 4).

По действию помета (2019 г.) урожайность сортов яровой пшеницы и тритикале колебалась в пределах 7,45–9,69 т/га, что в 1,8–2,2 раза выше, чем по его последствию (2020 г.). Это связано, в первую очередь, со снижением запасов минерального азота в жидкой фазе почвы (табл. 3). Сорта пшеницы Каменка, Злата, Виталия, Ладья и Сударыня,

а также тритикале Норманн в год действия помета сформировали наибольший биологический урожай (9,14–9,69 т/га), который значительно превосходил (на 4–27 %) урожайность прочих сортов. По последствию помета наибольшей урожайностью характеризовалось тритикале Норманн (5,28 т/га), а также сорта яровой пшеницы – Ладья и Каменка (5,13 и 5,08 т/га). Сохранение (стабильность) высокого уровня урожайности по годам с различным почвенным плодородием (по действию и последствию помета) – важное положительное качество указанных сортов.

Сорта яровой пшеницы и тритикале значительно различались по срокам вегетации. Наиболее ранним созреванием за годы исследований выделялся сорт Злата (106 дней в 2019 г. и 82 – в 2020 г.), вегетационный период которого был на 8–13 дней короче прочих сортов в 2019 г. (по действию помета) и на 6–12 дней – в 2020 г. (по последствию помета).

Урожайность сортов ячменя по действию помета составила 6,91–8,25 т/га, по последствию – 4,72–5,08 т/га, а в среднем за 2 года – на 20 % ниже урожайности большинства (кроме сорта Лиза) изучаемых сортов пшеницы и тритикале (табл. 4 и 5). По последствию помета (2020 г.) все сорта ячменя по сравнению с сортами пшеницы характеризовались более высокой или близкой урожайностью (4,72–5,07 т/га), но уступали – тритикале и лучшим пленчатым сортам овса (табл. 5, 6).

Перспективными сортами для включения в производственный севооборот по последствию помета являются Московский-86 и Надежный, урожайность которых в 2020 г. составила, соответственно, 5,07 и 4,89 т/га. Кроме того, сорт Надежный обладает важными хозяйственно полезными признаками: повышенной устойчивостью к полеганию (короткостебельность, укороченный колос) и высокой кустистостью.

Таблица 5. Показатели формирования урожая сортов ячменя в 2019–2020 гг.

Сорт	Урожайность, т/га		Число продуктивных стеблей, шт./м ²		Высота растений, см		Вес зерна с колоса, г		Масса 1000 зерен, г	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Нур	7,29	–	738	–	91	–	0,99	–	37,7	–
Московский-86	8,25	5,07	754	547	83	80	1,10	0,93	45,3	37,3
Яромир	6,91	4,72	689	529	92	83	1,01	0,89	40,6	36,3
Надежный	–	4,89	–	711	–	61	–	0,69	–	36,1
Златояр	–	4,80	–	516	–	79	–	0,93	–	36,2
НСР ₀₅	0,41	0,38	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 6. Показатели формирования урожая сортов овса в 2019–2020 гг.

Сорт	Урожайность, т/га		Число продуктив. стеблей, шт./м ²		Высота растений, см		Вес зерна с метелки, г		Масса 1000 зерен, г	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Яков-контроль	5,91	5,38	502	452	98	97	1,18	1,19	30,6	32,0
Опольный	5,74	5,01	492	419	101	98	1,17	1,20	29,8	32,4
Залп	–	5,49	–	427	–	98	–	1,29	–	34,8
Немчиновский-61	4,39	3,05	494	422	99	91	0,89	0,72	27,1	25,1
Азиль	4,58	3,27	512	430	95	96	0,89	0,76	25,3	25,8
НСР ₀₅	0,34	0,41	–	–	–	–	–	–	–	–

Сорта овса в опытах разделяются на пленчатые и голозерные (табл. 6). Отзывчивость сортов овса на изменение агрохимических свойств почвы по действию и последствию КП аналогична реакции других злаковых культур. Отличительной особенностью пленчатых сортов овса по сравнению с другими злаками является меньшая разница (большая стабильность) в урожайности по действию и последствию помета (5,74–5,91 и 5,01–5,49 т/га). Это объясняется повышенной алюмоустойчивостью овса и возможностью корневой системы использовать питательные вещества и влагу из подпахотных (кислых) горизонтов почвы. Однако разница в плодородии почвы по годам оказала влияние на урожайность голозерных сортов. По действию помета их урожайность составила 4,39–4,58 т/га, а по последствию – 3,05–3,27 т/га (снижение в 1,4 раза). Очевидно, при биологической многоцветковости (до 9 и более цветков) на фоне снижения плодородия почвы по последствию помета у голозерного овса происходило отмирание части зерновок.

Как известно, голозерные сорта устойчивы к осыпанию после созревания, а в их зерне содержится значительно больше сырого белка, чем у пленчатых сортов, у которых она колеблется от 20 до 46 % от общей массы. Этот показатель необходимо учитывать при сравнении сортов по урожайности. Среди пленчатых сортов стабильно высокой урожайностью по действию и последствию помета выделялся Яков (5,91 и 5,38 т/га), а из голозерных – новый сорт Азиль (4,58 и 3,27 т/га соответственно).

Наблюдения показали, что недостатком для широкого внедрения голозерного овса в производство в Северо-Западном регионе является ограничение по уборочной влажности (до 16 %), снизить которую можно десикантами.

Несмотря на высокую урожайность (отзывчивость на улучшение питания растений) интенсивных сортов в результате внесения помета, отмечены негативные последствия резкого повышения содержания минерального азота в почве – полегание, вторичное побегообразование (подгон) и удлинение вегетации (последствие – уборка урожая в неблагоприятные и поздние календарные сроки с применением десикантов), которые в той или иной мере наблюдались у всех изучаемых сортов культур по действию 120 т/га помета. При этом продолжительность вегетационного периода сортов яровой пшеницы варьировала в пределах 106–119, ячменя – 99 и овса – 109 дней, а сорта ячменя и овса выделялись ранним (фаза цветения) полеганием. По последствию КП период вегетации растений всех сортов культур колебался в пределах 81–94 дня (на 18–25 дней короче, чем в 2019 г.), признаки полегания и подгона не наблюдались и, как правило, соответствовали сортовым характеристикам.

По комплексу показателей (урожайность, продолжительность вегетационного периода, устойчивость к полеганию, вторичное побегообразование и другие) для посева по агротехнике с использованием КП выделялись следующие сорта: по действию и последствию помета – яровая пшеница (Злата, Каменка, Виталия, Ладыя и Сударыня) и яровое тритикале (Норманн), а по его последствию – ячмень (Московский-86 и Надежный) и овес (пленчатый – Яков и голозерный – Азиль).

ЛИТЕРАТУРА

1. Практикум по агрохимии / В. В. Кидин, И. П. Дерюгин, В. И. Кобзаренко [и др.]. – М.: Колос, 2008. – 599 с.
2. Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 272 с.
3. Щукин, Н. Н. Адаптивность и хозяйственно-биологическая оценка сортов зернофуражных культур на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья / Н. Н. Щукин // Инновации и продовольственная безопасность. – 2018. – № 3 (21). – С. 127–138.
4. Системы земледелия / под ред. проф. А. Ф. Сафонова. – М.: Колос, 2009. – 447 с.
5. Окорков, В. В. Влияние удобрений на содержание подвижных форм азота в почвах Верхневолжья / В. В. Окорков, Л. А. Огорокова, О. А. Фенова // Владимирский земледелец. – 2020. – № 1 (91). – С. 4–12. DOI: 10.24411/2225-2584-2020-10101.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ (ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫЙ КУРИНЫЙ ПОМЕТ) НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР

Т. Ф. ПЕРСИКОВА, д-р с.-х. наук, профессор,
М. С. КАЛИНИНА, соискатель

УО «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Органическое удобрение на основе куриного помета «Агросива-Эко» по сравнению с контролем (вариант без удобрений) при первом сроке сева (25 мая) достоверно повышает урожайность укропа на 1248 г/м², салата на 1050 г/м² при втором сроке сева (26 июня укроп и 13 июля салат) – укропа на 1230 г/м², салата на 550 г/м². Соответственно увеличивает содержание витамина С в зеленой массе укропа на 23,6 и 21,3 мг/100 г, у салата на 9,7 и 5,8 мг/100 г, содержание нитратов у укропа составило 778 и 285, у салата 218,4 и 433 мг/кг., (ПДК 2000 мг/кг). По ряду показателей эффективность находится на уровне дозы минерального удобрения N₃₀P₂₉K₂₀.

Ключевые слова: органическое удобрение, птичий помет, укроп, салат, урожай, качество.

Основное антропогенное воздействие на компоненты окружающей среды принято связывать с промышленностью, однако в ряде случаев не менее глубокое и масштабное влияние на агроэкосистему оказывают предприятия сельскохозяйственного профиля. Прежде всего, это относится к отрасли индустриального птицеводства. Птичий помет накапливается вблизи птицефабрик, теряет свои ценные качества и предоставляют постоянную угрозу для экологического благополучия окружающей среды [1]. Проблема эффективного использования куриного помета может быть успешно решена, если он будет перерабатываться на птицефабриках в новые виды побочной продукции. Сушка птичьего помета является для сельскохозяйственных предприятий новым способом производства органических удобрений из птичьего помета. Его суть заключается в том, что птичий помет при помощи специальных установок и оборудования высушивают до порошкообразного состояния и (или) при необходимости полученную сыпучую массу гранулируют до влажности, позволяющей хранить и использовать птичий помет по мере потребности. Термическая сушка птичьего помета в специальных барабанных сушильных установках – наиболее эффективный способ переработки этого ценного органического удобрения. При термической сушке масса сырого помета уменьшается в 3–4 раза, а физические свойства сухого удобрения позволяют вносить его в почву практически всеми машинами, предназначенными для разбра-

сывания минеральных удобрений. Сушка при температуре 600–800 °С способствует уничтожению патогенных бактерий, яиц гельминтов и семян сорняков [2].

Методом термической сушки из куриного помета в ООО «Агро-Сива» получено органическое удобрение «Агросива-Эко», имеющее следующий химический состав: массовая доля влаги – 24 %, рНксл-5,97, зольность – 17 %, массовая доля органического вещества (в пересчете на углерод) – 41 %, массовая доля общего азота (в пересчете на сухое вещество) – 6,1 %, массовая доля общего фосфора (в пересчете на сухое вещество) – 5,8 %, массовая доля общего калия (в пересчете на сухое вещество) – 3,9 %, содержание серы – 9891,16 мг/кг, бора – 23,78 мг/кг.

В связи с этим актуальным является оценка влияния органического удобрения, полученного при термической сушке куриного помета, на урожайность и качество зеленных культур (укропа, салата).

Исследования проводились с зелеными культурами (укроп, салат) в 2020 г. в два срока посева их на опытном поле в УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытного участка дерново-подзолистая, хорошо окультуренная, легкосуглинистая, содержание гумуса 3,3 %; рН-6,9, общий азот – 0,11 %, нитраты – 17,7 мг/кг, P_2O_5 – 347,6 и K_2O – 448,3 мг/кг, сера – 17,3 мг/кг почвы. Предшественник – тыквенные культуры. Обработка почвы включала предпосевную культивацию и разовое внесение органического удобрения на основе куриного помета из расчета 0,5 т/га, и минеральных удобрений – мочевины (46 %), суперфосфат аммонизированный (10:35 %), сернокислый калий (46 %). Срок посева (1 ротация) 25 мая 2020 г., норма высева: укроп, – 2 г/м², салат – 1 г/м², посев рядовой, сорт укропа – «Зонтик», салат «Лоло-Биондо». Площадь делянок: опытной – 2 м²; учетной – 1 м²; количество повторений – 4, размещение систематическое.

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений);
2. $N_{30}P_{29}K_{20}$ (эталон);
3. Органическое удобрение на основе куриного помета 0,5 т/га.

Погодные условия вегетационного периода 2020 г. несколько отличались в сравнении со среднесезонными значениями, но в целом были благоприятными для возделывания зеленных культур.

В результате исследований установлено что прибавка урожайности зеленой массы укропа от органического удобрения при первом сроке сева к контролю составила 1248 г/м², от минеральных удобрений – 964 г/м², соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Влияние удобрений на урожайность зеленой массы укропа

№ п/п	Вариант	Урожайность, г/м ²	Прибавка к контролю г/м ²	Прибавка к эталону, г/м ²
1-й посев (25 мая)				
1	Без удобрений	1449		
2	N ₃₀ P ₂₅ K ₂₀ (эталон)	2413	964	
3	Органическое удобрение на основе птичьего помета – 0,5т/га	2697	1248	284
	НСР ₀₅		72,44	
2-й посев (26 июня)				
1	Без удобрений	2550		
2	N ₃₀ P ₂₅ K ₂₀ (эталон)	3940	1390	
3	Органическое удобрение на основе птичьего помета – 0,5т/га	3780	1230	-160
	НСР ₀₅		52,84	

Эффективность органических удобрений при первом сроке сева выше на 284 г/м², чем минеральных. В среднем по опыту при первом сроке сева урожайность укропа составила 2186 г/м². При втором сроке сева прибавка урожайности укропа составила 1230 и 1390 г/м². Эффективность органического удобрения при втором сроке сева ниже на 160 г/м² по сравнению с минеральными удобрениями. В среднем по опыту при втором сроке сева урожайность укропа составила – 3390 г/м².

Прибавка урожайности салата при первом сроке сева от органического удобрения к контролю составила 1050 г/м² от минеральных удобрений – 1030 г/м² (табл. 2). В среднем по опыту при первом сроке сева урожайность салата составила 7203 г/м². Прибавка урожайности салата при втором сроке сева от органического удобрения к контролю составила 550 г/м², от минеральных удобрений – 660 г/м². Эффективность органических удобрений при втором сроке сева ниже на 110 г/м² эффективности минеральных. В среднем по опыту при втором сроке сева урожайность салата составила – 5423 г/м².

Таблица 2. Влияние удобрений на урожайность зеленой массы салата

№ п/п	Вариант	Урожайность, г/м ²	Прибавка к контролю, г/м ²	Прибавка к эталону, г/м ²
1	2	3	4	5
1-й посев (25 мая)				
1	Без удобрений	6510		
2	N ₃₀ P ₂₅ K ₂₀ (эталон)	7540	1030	
3	Органическое удобрение на основе птичьего помета – 0,5 т/га	7560	1050	+20
	НСР ₀₅		16,71	

1	2	3	4	5
2-й посев (13 июля)				
1	Без удобрений	5020		
2	N ₃₀ P ₂₉ K ₂₀ (эталон)	5680	660	
3	Органическое удобрение на основе птичьего помета – 0,5 т/га	5570	550	-110
	НСР ₀₅		42,53	

В зеленой массе укропа при первом (25 мая) посеве по отношению к контролю (вариант без удобрений) и эталону (N₃₀P₂₉K₂₀) испытуемое органическое удобрение повысило содержание витамина С на 23,6 мг/100 г, на 22,7 мг/100 г соответственно (табл. 3). Применение удобрения привело также к более высокому содержанию нитратов на 115 мг/кг по сравнению с контролем, но ниже на 215,8 мг/кг по сравнению с эталоном. В общем, их содержание не превышало ПДК (2000 мг/кг).

Таблица 3. Влияние удобрений на биохимические показатели качества зеленой массы укропа

Вариант	Содержание сух. вещества, %	Растворимые углеводы, %	Нитраты, мг/кг	Витамин С, мг/100 г	N, %	P, %	K, %
1-й посев (25 мая)							
Без удобрений	8,2	2,42	663,0	90,6	0,71	0,27	0,33
N ₃₀ P ₂₉ K ₂₀ (эталон)	12,2	0,6	994,0	92,9	0,32	0,15	0,51
Орг. удоб. на (0,5 т/га)	12,4	0,7	778,2	114,2	0,37	0,12	0,47
НСР ₀₅	0,73	0,682	84,25	9,67	0		
2-й посев (26 июня)							
Без удобрений	6,4	0,90	225,0	92,4	0,46	0,11	0,28
N ₃₀ P ₂₉ K ₂₀ (эталон)	10,7	0,75	619,8	88,0	0,75	0,12	0,53
Орг. удоб. на (0,5 т/га)	10,4	0,30	284,8	115,1	0,52	0,09	0,52
НСР ₀₅	0,67	0,229	39,32	17,53			

Содержание растворимых углеводов, при первом сроке сева укропа в контрольном варианте было выше по сравнению с органическим удобрением на 1,72. В варианте с испытуемым удобрением по сравнению с контролем при первом сроке сева снижалось содержание азота на 0,34 %, фосфора на 0,15 %, калия увеличивалось на 0,14 %. По со-

держанию макроэлементов изучаемое удобрение несущественно отличалось от эталона. При втором (26 июня) сроке посева по отношению к контролю и эталону испытуемое органическое удобрение повысило содержание витамина С на 21,3 мг/100 г, на 27,1 мг/100 г соответственно (табл. 4). Применение удобрения привело также к более высокому содержанию нитратов на 59 мг/кг по сравнению с контролем, но ниже на 335,0 мг/кг по сравнению с эталоном, в общем, их содержание не превышало ПДК (2000 мг/кг). Содержание растворимых углеводов, при втором сроках сева укропа в контрольном варианте было выше по сравнению с органическим удобрением на 0,60 % соответственно, при внесении минеральных удобрений (эталон) эффективность органических была на 0,45 % ниже. В варианте с испытуемым удобрением по сравнению с контролем при втором сроке сева содержание азота увеличивалось по сравнению с контролем на 0,6 %, калия на 0,24 %, фосфора снижалось на 0,02 %. По содержанию макроэлементов изучаемое удобрение не существенно отличалось от эталона, хотя содержание азота при втором сроке сева по сравнению с эталоном было на 0,23 % меньше.

В зеленой массе салата при первом (25 мая) сроке посева по отношению к контролю (вариант без удобрений) и эталону ($N_{30}P_{29}K_{20}$) испытуемое органическое удобрение существенно повысило содержание витамина С на 9,7 мг/100 г, на 2,7 мг/100 г. соответственно (табл. 4).

Таблица 4. Влияние удобрений на биохимические показатели качества зеленой массы салата

Вариант	Содержание сух. вещества, %	Растворимые углеводы, %	Нитраты, мг/кг	Вита-мин С, мг/100 г	N, %	P, %	K, %
1-й посев (25 мая)							
Без удобрений	5,7	0,45	166,0	14,1	0,20	0,06	0,29
$N_{30}P_{29}K_{20}$ (эталон)	8,6	0,30	554,0	21,1	0,23	0,05	0,34
Орг. удоб. на (0,5 т/га)	8,8	0,49	218,0	23,8	0,22	0,04	0,27
НСР ₀₅	0,58	0,034	76,82	1,15			
2-й посев (13 июля)							
Без удобрений	4,3	0,90	312,0	15,5	0,28	0,05	0,27
$N_{30}P_{29}K_{20}$ (эталон)	6,4	0,75	705,9	20,3	0,27	0,05	0,28
Орг. удоб. на (0,5 т/га)	6,2	0,30	433,0	21,3	0,25	0,05	0,26
НСР ₀₅	0,28	0,148	65,25	0,73			

Применение органического удобрения привело также к более высокому содержанию нитратов на 52 мг/кг по сравнению с контролем, но ниже на 336, мг/кг по сравнению с эталоном, но в общем их содержание не превышало ПДК (2000 мг/кг). Содержание растворимых уг-

леводов при первом сроке сева салата в варианте, где вносили органическое удобрение, было на уровне с контрольным вариантом (0,49 %), но выше по сравнению с эталоном на 0,19 %. В варианте с испытуемым удобрением по сравнению с контролем и эталоном, при первом сроке сева салата значительных изменений в содержании азота, фосфора и калия не отмечено. При втором (13 июля) сроке посева по отношению к контролю и эталону испытуемое органическое удобрение существенно повысило содержание витамина С на 5,8 мг/100 г, на 1,0 мг/100 г соответственно. Применение органического удобрения привело также к более высокому содержанию нитратов на 121 мг/кг по сравнению с контролем, но ниже на 272,9 мг/кг по сравнению с эталоном, но в общем их содержание не превышало ПДК (2000 мг/кг). Содержание растворимых углеводов при втором сроке сева существенно повысилось в контрольном варианте (на 0,60 %) и при применении минеральных удобрений (эталон) на 0,45 % по сравнению с вариантом, где вносили органическое удобрение. В варианте с испытуемым удобрением по сравнению с контролем и эталоном, при втором сроке сева значительных изменений в содержании азота, фосфора и калия не отмечено.

Таким образом органическое удобрение на основе куриного помета «Агросива-Эко» по сравнению с контролем (вариант без удобрений) при первом сроке сева достоверно повышает урожайность укропа на 1248 г/м². салата на 1050 г/м², при втором сроке сева у укропа на 1230 г/м², салата на 550 г/м². Соответственно, увеличивает содержание, витамина С в зеленой массе укропа на 23,6 и 21,3 мг/100 г, у салата на 9,7 и 5,8 мг/100 г, содержание нитратов у укропа составило 778 и 285, у салата 218,4 и 433 мг/кг, (ПДК 2000 мг/кг). По ряду показателей качество зеленой массы находится на уровне дозы минерального удобрения N₃₀P₂₉K₂₀.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко, В. П. Птичий помет – отход или побочная продукция / В. П. Лысенко // Птицеводство. – 2015. – № 6. – С. 55.
2. Лукин, С. М. Перспективные технологии использования пометных удобрений / С. М. Лукин // Птицеводство. – 2008. – № 7. – С. 55–57.

НЕКОРНЕВЫЕ ПОДКОРМКИ КАРТОФЕЛЯ – ЭЛЕМЕНТ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

О. А. ПОДДУБНЫЙ, канд. с.-х. наук, доцент,

О. В. ПОДДУБНАЯ, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Изложены результаты исследований влияния некорневых подкормок картофеля удобрениями с микроэлементами на продуктивность картофеля с учетом сортовой отзывчивости.

***Ключевые слова:** картофель, микроудобрения, некорневая подкормка, урожайность, сорта.*

Значимым для продовольственной безопасности Республики Беларусь является обеспечение населения страны собственными продуктами питания и кормами для животноводства, но также и развитие экспортного потенциала агропромышленного комплекса страны применительно к культуре – картофелю, традиционно возделываемой на ее территории. Поэтому необходимо обеспечить валовые сборы за счет повышения урожайности картофеля при сохранении высокого качества продукции.

В настоящее время широко применяются некорневые подкормки картофеля, так как при листовом питании идет своевременная доставка элементов питания в критические периоды развития и быстрый способ обеспечить ту или иную часть растения, в которой, как правило, наиболее интенсивно протекают жизненные процессы [1, 2].

Поэтому, учитывая перспективные тенденции, цель наших исследований – оценить эффективность применения некорневых подкормок картофеля комплексными удобрениями на основе микроэлементов на урожайность клубней картофеля разных сроков созревания. Объекты исследований – сорта картофеля разного срока созревания: Палац, Лиля, Волат и Першацвет [5].

Палац – ранний столовый сорт картофеля, выведенный белорусскими селекционерами: урожайность 650 ц/га, содержание крахмала до 14 %, вкусовые качества хорошие. Особенности сорта: эффективно использует естественное плодородие почв; раннее клубнеобразование и быстрое накопление урожая в первой половине вегетации.

Лиля – ранний столовый сорт картофеля белорусской селекции. Урожайность очень хорошая, в зависимости от климатических условий

и питательности почвы с 1 гектара можно собрать от 246 до 530 центнеров отборного картофеля.

Волат – столовый, среднеспелый сорт картофеля белорусской селекции с периодом вегетации 80–95 дней. Достигает урожайности до 678 ц/га и содержит 14,1–14,8 % крахмала, имеет хорошие вкусовые качества.

Ранний столовый сорт Першацвет – один из наиболее устойчивых сортов к болезням достаточно известен в белорусской селекции. Урожайность достигает 678 ц/га, содержание крахмала – до 15,2 %. Эффективно использует естественное плодородие почв [5].

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 $N_{70}P_{80}K_{120}$. Общая площадь делянки 25 м², учетной – 16 м², повторность – 4-кратная. Минеральные удобрения вносили под предпосадочную культивацию [3]. Предшественником картофеля была га-лега восточная. Посадку картофеля проводили в 2021 году 14 мая картофелесажалкой КСМ – 4, семенными клубнями 35–55 мм. Густота посадки – 48,0 тыс. клубней на 1 га. Глубина посадки 8–10 см. Способ посадки гребневой.

Агротехника возделывания была общепринятой для условий Могилевской области. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и учеты в соответствии с методикой исследований по культуре картофеля. Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом. Эффективность некорневых подкормок хелатированными формами микроэлементов в полевом опыте изучалась на культуре картофеля с применением комплексного удобрения различных составов [2, 4]:

- **КомплеМет-Картофель** – композиция хелатов микроэлементов с фосфором и калием для предпосевной обработки клубней и некорневой подкормки картофеля (содержание, г/л: N – 5,8; K₂O – 198; P₂O₅ – 83; S – 8,8; Zn – 8; Mn – 15; Cu – 12; B – 7; Mo – 0,15; Co – 0,05);

- **Кристалон® (Kristalon) Коричневый** содержит небольшое количество азота (3 %), хорошо подходит для минерального питания овощей, требующих дополнительного внесения калия. (N₃ + P₁₁ + K₃₈ + Mg₄ + B-0,025 %; Cu-0,01 %; Mn-0,04 %; Fe-0,07 %; Mo-0,004 %; Zn-0,025 %) Химическая формула: N + P₂O₅ + K₂O +

+ MgO = 3 + 11 + 38 + 4. Эффект: устраняет дефицит калия, применяется для подкормок в более поздние сроки. Улучшает качество клубней.

• **Нутривант Плюс Картофельный:** 0 + 43 + 28 + MgO₂ + B_{0,5} + Mn_{0,2} + Zn_{0,2}+ фертивант.

• **CROPMAX** – это ультраконцентрированное некорневое удобрение, которое содержит: стимуляторы роста (ауксины, цитокинины, гиббереллины), витамины для растений, полисахариды, ферменты, макро- и микроэлементы. Уникальный состав Кропмакс делает его незаменимым на протяжении всего вегетационного периода. Состав Кропмакс: N 0,2 % (2000 мг N/литр) P 0,4 % (4000 мг P/литр) K 0,02 % (200 мг K/литр), а также: (содержание мг на 1 литр продукта) Fe – 220, Mg – 550, Zn) – 49, Cu – 35 мг, Mn – 54, B, Ca, Mo, Co, Ni по 10. Состав аминокислот (мг/литр): Аланин – 12, Гистидин – 1, Серин – 4, Аргинин – 1, Изолейцин – 4, Треонин – 4, Аспарагин – 26, Метионин – 1, Тирозин – 3, Валин – 6, Лизин – 3, Цистин – 1, Глицин – 5, Лейцин – 5, Фенилаланин – 3, Глутамин – 17, Пролин – 4. Ультраконцентрат мультивитаминов и ферментов ([farmingwww. holland. com/ wp-content/ uploads/2018/08/Russian.pdf](https://farmingwww.holland.com/wp-content/uploads/2018/08/Russian.pdf)).

• **AGROLINIJA-S** (Агролиния-С) – микроудобрение (Производитель: ЗАО «БИОДИНАМИКА», Литва), которое содержит 5,6 % сухого вещества, а также: органическое вещество – 54 % от сухого вещества; гуминовые кислоты – 25,3 г/л; фульвокислоты – 7,7 г/л; азот – 2,1 + 0,3 г/л; фосфор – 1,1 + 0,3 г/л; калий – 3,9 + 0,3 г/л; Co, Mo, Mn, Cu, Zn, Cr, Fe, B, Na, Mg, S < 1 г/л). ([https://www.ggiskzr.by/ archive/ inspection_ protection- plants/ Дополнение% 20 общее % 2012.2018. pdf](https://www.ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/Дополнение%20общее%2012.2018.pdf)).

Некорневые подкормки проводились дважды: при появлении полных всходов и высоте куста 10–15 см (23 июня 2021 г.) и в фазу бутонизации (21–28 июля 2021 г.) по схеме опыта, которая включала варианты: 1. Фон – N₇₀P₈₀K₁₂₀; 2. AGROLINIJA-S (2,0 л/га 2); 3. CROPMAX (1,0 л/га 2); 4. КомплеМет-Картофель (2,5 л/га 2); 5. Кристалон Коричневый(1,5 кг/га 2); 6. Нутривант плюс Картофельный (3,0 кг/га · 2).

В 2021 г. отмечены статистически достоверные различия по эффективность некорневых подкормок комплексными удобрениями различных составов.

Результаты проведенных исследований показали, что в фоновом варианте опыта формировалось наибольшая урожайность клубней картофеля сорта Волат – 304 ц/га, 520 ц/га – сорта Лилея, 330 ц/га – сорта Палац и 490 ц/га – сорта Першавец (таблица).

Влияние некорневых подкормок комплексными удобрениями на урожайность картофеля разных сроков созревания (2021 г.)

Вариант	Волат		Лиляя		Палац		Першацвет	
	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, ц/га						
1. Фон – N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀	304		520		330		490	
2. AGROLINIJA-S	336	32	543	23	358	28	519	29
3. CROPMAX	340	36	541	21	352	22	522	32
4. КомплеМет-Картофель	328	24	546	26	354	24	520	30
5. Кристалон Коричневый	331	27	546	26	353	23	536	46
6. Нутривант плюс Картофельный	346	42	549	29	351	21	530	40
НСР ₀₅	15,8		17,3		13,3		23,2	

Применение некорневых подкормок комплексными удобрениями в вариантах опыта увеличивало урожайность клубней от 21,0 до 46 ц/га. Однако, двукратное применения жидкого комплексного удобрения КомплеМет-Картофель в дозе по 2,5 л/га было менее продуктивным для всех сортов картофеля.

Среднеспелый столовый сорт Волат был более отзывчив на некорневые подкормки во всех вариантах опыта. Особенно следует отметить вариант с внесением микроудобрения. CROPMAX, а также вариант Нутривант плюс Картофельный, где получены максимальные прибавки урожая – 36 и 42 ц/га соответственно.

Результаты исследований показали, что от некорневой подкормки Кристалон Коричневый на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ максимальная продуктивность картофеля (536 ц/га) была получена у раннего сорта Першацвет. Обработка посадок картофеля Нутривантом плюс повышала урожайность клубней сорта Волат по отношению к фону на 42 ц/га и существенно по отношению к обработке микроудобрением КомплеМет-Картофель на 18 ц/га.

Следует отметить, что в погодных условиях вегетационного периода 2021 г. наибольшая отзывчивость сортов картофеля ранних сроков созревания (Лиляя и Палац) была на двукратную листовую обработку микроудобрением Нутриванта плюс Картофельный и составила в среднем 6,8–8,2 %.

В варианте с применением CROPMAX минимальную прибавку 36 ц/га дал среднеспелый столовый сорт картофеля Волат. Ранние сор-

та картофеля при данном агротехническом приеме повысили урожайность на 4,0–6,5 %.

Таким образом, применение комплексных удобрений способствовало увеличению урожайности картофеля во всех вариантах опыта. Следует также отметить, что клубни изучаемых сортов имели хорошее качество, отличались высокой товарностью и привлекательным внешним видом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карманов, С. Н. Урожай и качество картофеля [Электронный ресурс] / С. Н. Карманов // Рипол Классик. – Режим доступа: <https://books.google.by/books?id=IWL9AgAAQBAJ&pg=PA167&dq>.

2. Поддубная, О. В. Особенности внекорневой подкормки картофеля / О. В. Поддубная, А. В. Волынцева // Управление питанием растений и почвенным плодородием: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук А. А. Каликинского / БГСХА; редкол.: И. Р. Вильдфлуш (отв. ред.) [и др.]. – Горки, 2016. – С. 37–40.

3. Поддубная, О. В. Сравнительный анализ содержания крахмала в клубнях картофеля / О. В. Поддубная, О. А. Поддубный // Эпоха науки. – 2020. – № 24. – С. 72–77.

4. Применение новых форм минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 38 с.

5. Сорта картофеля белорусской селекции: [проспект] / Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; сост.: В. Л. Маханько [и др.]; ред. С. А. Турко. – Минск: [б. и.], 2015. – 27 с.

УДК 633.15:631.895:631.81

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС

А. С. ПОЙМЕНОВ, мл. науч. сотрудник

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»,
г. Белгород, Российская Федерация

В длительном стационарном опыте изучали влияние удобрений (органических и минеральных) на продуктивность кукурузы на силос в зернопропаином севообороте. Наиболее высокая продуктивность кукурузы на силос была отмечена при совместном внесении органических удобрений (8 и 16 т/га севооборотной площади) с двойной дозой минеральных удобрений (N₁₄₀P₁₄₀K₁₄₀). Можно отметить повышение урожайности при внесении минеральных удобрений по сравнению с органическими.

Ключевые слова: урожай; эффективность удобрений; кукуруза на силос.

Кукуруза имеет огромное народнохозяйственное значение в кормовом, пищевом и промышленно-техническом отношении. В 100 кг кукурузного силоса, приготовленного из стеблей, листьев и початков в восковой спелости зерна, содержится 22,5 кормовой единицы, а в

100 кг силоса из стеблей и листьев кукурузы (без початков) – 15 кормовых единиц. Обеспечение растений кукурузы питательными элементами на протяжении всего периода вегетации в достаточном количестве является условием получения высоких урожаев [1].

В сельскохозяйственном производстве в Центральном Черноземье и в Белгородской области среди поздних яровых культур первое место по урожайности принадлежит кукурузе. Интенсификация сельскохозяйственного производства при возделывании кукурузы на силос, требует правильного научно обоснованного подбора адаптированных высокопродуктивных гибридов и разработку новых, наиболее совершенных ресурсосберегающих технологий их возделывания. Применение таких технологий способствует получению стабильно высоких урожаев, предусматривающих сокращение затрат труда, эффективное использование сельскохозяйственных машин, минеральных удобрений и пестицидов.

Кукуруза хорошо устойчива к засухе: на 1 кг сухого вещества она расходует почти в два раза меньше воды, чем другие зерновые культуры. Обладает высоким потенциалом урожайности зерна и зеленой массы, который используется не в полной мере.

В кукурузном силосе высокая концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества, достигающая 11,5 МДж, как в зерне ячменя. Другими словами, его использование уменьшает концентратную нагрузку на организм животных без снижения энергетической питательности сухого вещества рациона.

В длительном многофакторном полевом опыте, заложенном по полной факториальной схеме с использованием метода расщепленных делянок, лаборатория плодородия почв и мониторинга ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» провела исследования с целью оценки влияния изучаемых в опыте факторов на урожай кукурузы на силос [2].

Почва опытного участка – наиболее распространенная на территории Белгородской области – чернозем типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Агрохимические показатели пахотного слоя составляли: $pH_{\text{сол}}$ – 5,8–6,4; содержание P_2O_5 – 52–58 мг/кг; K_2O – 95–105 мг/кг; гумуса 5,1–5,3 %.

Органические удобрения (навоз КРС) вносили один раз в ротацию севооборота под сахарную свеклу в одной дозе (40 т/га) и двойной (80 т/га), приходящиеся на гектар севооборотной площади соответственно по 8 и 16 т.

Минеральные удобрения вносили ежегодно под каждую культуру, в том числе и под кукурузу на силос, в одной и двойной дозах. Одинарная доза удобрений (70 кг д. в. на га) рассчитана на простое воспроизводство почвенного плодородия, а двойная доза (140 кг д. в. на

1 га) – на расширенное. Посевная площадь опытной делянки 120 м², повторность трехкратная. В полевом опыте при возделывании ярового ячменя в зернопропашном севообороте использовали общепринятую для Центрально-Черноземного региона агротехнику. Объектом исследований был гибрид кукурузы – Белкорм. Предшественник кукурузы на силос – ячмень.

Чередование культур в зернопропашном севообороте: озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос, горох.

Схема опыта:

1. Контроль
2. N₇₀P₇₀K₇₀.
3. N₁₄₀P₁₄₀K₁₄₀.
4. Навоз – 40т/га.
5. Навоз – 40т/га + N₇₀P₇₀K₇₀.
6. Навоз – 40т/га + N₁₄₀P₁₄₀K₁₄₀.
7. Навоз – 80т/га.
8. Навоз – 80т/га + N₇₀P₇₀K₇₀.
9. Навоз – 80т/га + N₁₄₀P₁₄₀K₁₄₀.

Для оценки всех полученных за все годы исследований данных, что дает возможность учесть варьирование данных не только в пространстве, но и во времени, статистическую обработку провели дисперсионным методом анализа с использованием повторения во времени в качестве дополнительного фактора схемы опыта [3, 4].

Кукуруза на силос включена в зернопропашной севооборот, т. е. только в один из трех. Выборка из полной факториальной схемы опыта включает три изучаемых фактора, каждый из которых имеет по три градации. Таким образом, включая повторение во времени в качестве дополнительного фактора схемы опыта информативность ее составляет схем 3,585 бит, в том числе информативность 1 вариант 0,011 бит [5].

Как показали исследования, за анализируемый период 2015–2018 гг., кукуруза на силос хорошо отзывалась на внесение удобрений, что увеличивало урожай (таблица).

Урожайность кукурузы на силос на вариантах опыта без удобрений в среднем составляла 241 ц/га. При внесении одинарных доз минеральных удобрений урожайность кукурузы на силос заметно изменилась и составила в среднем 315 ц/га. Внесение двойных доз минеральных удобрений по сравнению с одинарными повысило урожайность культуры на 15,5 %, а с контролем на 51 % и составила в среднем – 364 ц/га.

**Влияние удобрений на урожай кукурузы на силос в зернопропашном севообороте
(среднее за 2015–2018 гг.), ц/га**

Вариант	Средняя за 2015–2018 гг.
Контроль	241
N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	315
N ₁₄₀ P ₁₄₀ K ₁₄₀	364
Навоз – 40 т/га	275
Навоз – 40 т/га + N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	327
Навоз – 40 т/га + N ₁₄₀ P ₁₄₀ K ₁₄₀	383
Навоз – 80 т/га	297
Навоз – 80 т/га + N ₇₀ P ₇₀ K ₇₀	354
Навоз – 80 т/га + N ₁₄₀ P ₁₄₀ K ₁₄₀	411
НСП ₀₅	2,06

Последствие от внесения одинарной дозы органических удобрений повысило урожайность кукурузы на силос по сравнению с контролем на 14,1 %; двойной – 23,2 %.

Совместное внесение минеральных и органических удобрений особенно эффективно сказывается на урожайности кукурузы на силос. Наибольшие показатели урожайности, отмечены в вариантах с внесением одинарной и двойной доз органических удобрений совместно с двойной дозой минеральных удобрений, которая составляла 383 и 411 ц/га соответственно, что говорит об увеличении урожайности на 58,9 и 70,5 %.

Таким образом, анализируя данные полевых опытов, на типичном черноземе в зернопропашном севообороте, можно констатировать, что ведущая роль в повышении урожайности кукурузы на силос принадлежит органическим и минеральным удобрениям. Увеличение дозы минеральных удобрений, приводит к достоверному увеличению урожайности культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пойменов, А. С. Влияние удобрений на продуктивность кукурузы на силос / А. С. Пойменов, А. В. Азаров // Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием (Белгород, 5–8 июня 2018 г.). – Белгород: ООО «Константа», 2018. – С. 448–452.
2. Влияния способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в черноземе типичном / С. И. Тютюнов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 5. – С. 7–12.
3. Цыгуткин, А. С. О возможности трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта / А. С. Цыгуткин // Агрохимия. – 2002. – № 2. – С. 77–85.
4. Цыгуткин, А. С. Методология статистической обработки многолетних данных опыта / А. С. Цыгуткин. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 27 с.
5. Цыгуткин, А. С. Информативность опыта и ее оценка / А. С. Цыгуткин // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 6. – С. 45–46.

ИНТЕНСИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Е. А. ПШЕНИЧНАЯ, канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»,
«Институт ветеринарной медицины»,
г. Троицк, Российская Федерация

На данный момент в Казахстане лен масличный считается одной из перспективных и высокопродуктивных культур. В связи с этим в статье отражены повышение урожайности льна масличного с применением стимулятора роста Селест Топ при нулевой технологий возделывания на южных черноземах Северного Казахстана.

Ключевые слова: лен масличный, нулевая технология, стимулятор роста.

Спрос на масличный лен на мировом рынке довольно велик, а цены выше, чем на зерновые, при практически одинаковой урожайности, к тому же, лен превосходно вписывается в любой севооборот, поэтому применение нулевой технологии с использованием стимулятора роста для повышения урожайности является актуальным [4].

В связи с этим целью явилось повышение урожайности льна масличного с применением стимулятора роста при нулевой технологий возделывания в условиях Северного Казахстана на примере ТОО «Трояна».

Нами был заложен полевой опыт в ТОО «Трояна», объектом исследования явился лен масличный сорта «Северный», технология его возделывания и стимулятор роста с применением нулевой технологии.

Опыт был заложен на 2000 га. Почвенный покров района проведения исследований представлен южными черноземами Северного Казахстана. Предшественником была яровая мягкая пшеница. Семена заделывались на глубину 3–4 см, с нормой высева 4,5 млн. шт./га или это составило 35 кг/га. Высев льна осуществлен 2 мая трактором Class Ахiон 950 в агрегате с сеялкой CONDOR 15001-С от компании.

Перед высевом семена подвергали химической обработке фунгицидом Бункер в дозе 0,5 л/т, этот препарат обладает профилактическим свойством и лечащим системным воздействием.

Поле обрабатывали гербицидом сплошного действия Глифосат норма его расхода – 2,5 л/га + 3 л/га соляной кислоты для усиления действия гербицида.

Совместно с посевом в почву внесли минеральное удобрение сульфаммофос 100 кг/га, который имеет в своем составе азот (N) 20 %, фосфор (P₂O₅) 20 %, сера (S) 8–14 %, кальций (Ca) 0,5 %, магний (Mg) 0,5 %. Опытные семена обрабатывали стимулятором роста Селест Топ в дозе 1,2 л/т. Схема опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1. Схема опыта

Обработка семян льна масличного сорта «Северный»	
Контроль	Опыт
Фунгицид Бункер в дозе 0,5 л/т	Фунгицид Бункер в дозе 0,5 л/т + Стимулятор роста Селест Топ 1,2 л/т

Исследования проводились в трех фенологических фазах развития – бутонизация, цветение и созревания на 50 растениях. При исследовании изучались длина корневой системы, высота растений, количество коробочек и масса 1000 семян.

В РК в ТОО «Трояна» альтернативой вспашке является нулевая обработка почвы, при ней требуется лишь один проход посевной техники по полю, вследствие этого, снижается потребность в горючих материалах и сервисе техники. Понижение текущих расходов достигает от 30 до 80 %. Нулевая технология предполагает снижение зависимости урожая от погодных условий, что является актуальным в засушливых условиях Северного Казахстана.

Нулевая технология (Нуу тилл, No-till, Zero-till) основана на нулевой обработке почвы, при которой семена культуры врезаются в почву, абсолютно исключается механическое воздействие на почву.

С 8 мая на территории Северо-Казахстанской области отмечалось увеличение температуры до +27 °С днем, а ночью до +14 °С, это поспособствовало скорым всходам льна. С 15 мая по всей области прошли дожди, выпадение осадков было до 45 мм.

При осмотре поля 12 мая мы четко увидели, что основная масса растений льна уже взошла. Однако в контрольной группе встречались единичные растения в фазе всходов.

Со времени посева льна масличного прошло 32 дня, фаза развития культуры – елочка, высота растений в контрольном поле составляет от 4 до 7 см, а в опытном поле, где применяли стимулятор роста Селест Топ, высота растений составляет от 8 до 10 см.

На момент повторного осмотра, которое состоялось 25 июня прошло 54 дня после посева льна масличного сорта «Северный». Культура опытного поля заметно прибавила в росте и находилась в фазе цветения. Культура контрольного поля так же заметно выросла, но большая часть растений находилась в фазе бутонизации.

Влияние препарата Селест Топ на динамику роста и развития льна масличного сорта «Северный» представлено в табл. 2.

Таблица 2. Влияние препарата Селест Топ на динамику роста и развития льна масличного сорта «Северный»

Фенологические фазы	Вариант	Длина корневой системы, см	Высота растений, см	Кол-во ветвей, шт.
Бутонизация	Контроль	7,0	16,0	17
	Селест Топ	8,5	19,2	24
Цветение	Контроль	9,8	22,2	26
	Селест Топ	10,9	26,4	32
Созревание	Контроль	11,8	42,0	34
	Селест Топ	13,8	45,7	41

Из табл. 2 видно, что применение препарата Селест Топ увеличивает в фазу бутонизации длину корневой системы в среднем на 1,5 см, высоту растений на 3,2 см, а количество ветвей увеличивается на 7 штук. В фазу цветения мы также наблюдали увеличение всех показателей, а именно длина корневой системы была больше на 1,1 см, высота растений на 4,2 см, а количество ветвей было больше на 6 штук. В фазе созревания видна та же закономерность, а именно длина корневой системы увеличилась в опыте по сравнению с контролем на 2 см, высота растений на 3,7 см, а количество ветвей было больше на 7 штук. Таким образом из анализа данных мы видим следующее: динамика роста и развития на контрольном поле были ниже, чем на опытном поле с использованием препарата Селест Топ.

Далее мы проанализировали урожайность льна масличного сорта Северный. В 2020 г. было очень жаркое лето и за весь сезон выпало 50 мм. Казахстан по итогам 2020 г. сохранил мировое лидерство в производстве льна. Убранная площадь при этом составила 1220 тыс. га, при урожайности в среднем от 0,65 до 0,72 т/га. Итого, производство – 883 тыс.

Главными покупателями казахстанского льна стали Бельгия – 205 тыс. тонн, Китай – 150 тыс. тонн, Польша – 65 тыс. тонн. Кроме того, в стране было произведено 30 тыс. тонн льняного масла, из которого 26 тыс. тонн экспортировано.

Урожайность льна масличного представлено в табл. 3.

Таблица 3. Урожайность льна масличного сорта Северный в 2020 г.

Вариант	Число коробочек на одном растении, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность, ц/га
Контроль	9,2	7,4	6,6
Селест Топ	13,2	8,5	7

Из табл. 3 видно, что там, где применяли Селест Топ все показатели урожайности были выше, а именно число коробочек на одном растении в опытном поле составило 13,2, что на 4 коробочки больше, чем в контроле. Масса 1000 семян в опытном поле было 8,5 г, что также на 1,1 г больше, чем в контроле. То же самое мы видим и по данным урожайности, что там, где применяли Селест Топ урожайность составила 7 ц/га, что больше на 0,4 ц, чем в контроле.

При возделывании льна масличного по нулевой технологии предлагаем на фоне обработки семян фунгицидом Бункер в дозе 0,5 л/т, обрабатывать стимулятором роста Селест Топ в дозе 1,2 л/т, что позволяет получить прибавку в урожайности на 0,4 ц/га.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куанышкалиев, А. Т. Продуктивность льна масличного в зависимости от нормы высева, сроков посева и уровня минерального питания на черноземе южном Саратовского Правобережья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09, 06.01.04 / Куанышкалиев Александр Тоскалиевич. – Саратов, 2006. – 191 с.
2. Лукомец, В. М. Лен масличный – культура перспективная / В. М. Лукомец, В. Т. Пивень // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». – 2013. – № 2. – 20 с.
3. Орынбаев, А. Т. Сроки посева льна масличного при нулевой технологии возделывания на южных карбонатных черноземах Северного Казахстана / А. Т. Орынбаев, А. Е. Сасыков // Молодой ученый. – 2015. – № 6.3 (86.3). – С. 47–50.
4. Сулейменов, М. К. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых, зернобобовых, масличных и крупяных культур на Севере Казахстана: рекомендации / М. К. Сулейменов, Ж. К. Каскарбаев, В. П. Шашков. – Шортанды, 2009.

УДК 631.895:631.524.84:635.21+546.36:550.378

ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГУМИТОН НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И НАКОПЛЕНИЯ ¹³⁷Cs В УРОЖАЕ ПРИ РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Н. РАТНИКОВ, д-р с.-х. наук, профессор,
Н. И. САНЖАРОВА, д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН,
Д. Г. СВИРИДЕНКО, канд. биол. наук,
А. А. СУСЛОВ, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник,
Н. Г. ИВАНКИН, К. В. ПЕТРОВ, О. Ю. БАЛАНОВА

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
радиологии и агроэкологии»,
г. Обнинск, Российская Федерация

На дерново-подзолистых почвах Брянской области при использовании удобрений ФосАгро НРК, боркалиймагнезия показано повышение урожайности картофеля до 14 т/га на фоне без применения Гумитона и до 8,9 т/га с Гумитоном. В результате

применения данного органоминерального комплекса накопления ^{137}Cs снижалось в 1,6–7,9 раза.

Ключевые слова: почва, картофель, Гумитон, урожайность, ^{137}Cs , переход.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС Брянская область РФ оказалась наиболее загрязненной, как по площади загрязнения, так и по плотности загрязнения почв радионуклидами [1].

Получения высококачественного картофеля на данной территории с урожайностью до 50 т/га является приоритетной задачей продовольственной безопасности России. Этого можно достичь путем внедрения новых видов удобрений, в том числе органоминеральных комплексов на основе водорастворимых гуматов [2]. В результате полученная продукция соответствует по качественным показателям существующим нормативам.

К указанным удобрениям относится биологически активный органоминеральный комплекс Гумитон на основе торфа, который разработан учеными ФГБНУ ВНИИРАЭ. Он защищен авторскими документами Российской Федерации: патент на изобретение № 2709737 от 19.12.2019 г.; Свидетельство на товарный знак (знак обслуживания) № 718667 от 05.07.2019 г. Главное отличие от аналогов (Гуминовое удобрение ЭДАГУМ[®]СМ, жидкой препарат Гумистим, комплексные гуминовые удобрения Теллура – М и Феникс, жидкое органоминеральное удобрение СТИМУЛАЙФ, сухое торфо-гуминовое удобрение «ФЛОРА-С» и др. гуматизированные минеральные удобрения), представленных на рынке – высокое содержания водорастворимых гуматов калия – 11–14 %. В его состав входят: N – 12 %, P₂O₅ – 23 %, K₂O – 30 %, микроэлементы (B – 0,2, Mo – 0,1, Mn – 0,1 %), зольный остаток, содержащий окислы и соли Ca, Mg, Fe – 14,6 %.

Авторские исследования указывают на высокую эффективность 1–2-кратной обработки Гумитоном в фазы активного роста и потребления питательных веществ растениями [3].

Таким образом, цель исследований: производственное изучение новых высокоэффективных видов удобрений и гуматных препаратов при возделывании картофеля на радиоактивно загрязненных территориях; показать необходимость применения данных препаратов для снижения накопления ^{137}Cs в полученной растениеводческой продукции.

Полевые исследования проводили в 2020 г. на дерново-подзолистых супесчаных почвах ООО «ФХ Пуцко» Новозыбковского района Брянской области.

Агрохимическая характеристика почв (технология хозяйства): рН_{KCl} 6,0; содержание гумуса – 1,7 %; подвижного фосфора и обмен-

ного калия – 257 мг/кг почвы и 206 мг/кг почвы, соответственно. Средняя плотность загрязнения почв ^{137}Cs – 231,4 кБк/м² (6,3 Ки/км²). Обработку посадок картофеля сорт Леди Клер Гумитоном проводили до наступления фазы бутонизации картофеля.

Схема эксперимента: 1. Фон – технология хозяйства. 2. Фон + удобрение ФосАгро NPK (N – 8 %, K₂O – 20 %, P₂O₅ – 30 %), 0,5 т/га. 3. Фон + удобрение Боркалимагнезия (MgO – 11, CaO – 12, K₂O – 12, N – 4, B – 0,25, Si – 2 %), 2 т/га. 4. Фон + Боркалимагнезия + удобрение ФосАгро NP (N-16 %, P₂O₅ – 20 %), 0,5 т/га.

Планирование полевых опытов, анализ данных по урожайности после уборки картофеля и статистическую обработку результатов проводили по Б. А. Доспехову. Содержание ^{137}Cs в воздушно-сухих почвенных и растительных образцах измеряли на полупроводниковом гамма-спектрометре (Canberra) с программным обеспечением Genie-2000 по количественному анализу спектров.

Математическую обработку результатов исследований, включающих расчет статистических оценок, выполняли с использованием пакета прикладных программ в составе Microsoft Excel 2007 с 95%-ным уровнем значимости результатов.

В проведенных ранее исследованиях по применению Гумитона на посадках картофеля в различных районах Калужской области было показано, использование данного агрохимиката является высокоэффективным методом повышения продуктивности картофеля в зональных технологиях выращивания. В результате повышается урожайность клубней картофеля на 12–36 %, что эквивалентно дополнительному поступлению 5,7 т/га – на пойменной почве, 2,5–9,8 т/га – на дерново-подзолистом; а 3,7–10,0 т/га – на серой лесной в зависимости от сорта. За счет применения Гумитона повысились качественные показатели полученных клубней. При обработке вегетирующих растений данным агрохимикатом содержание крахмала на серых лесных почвах увеличилось до 1,2 %, на дерново-подзолистых – до 2,3 % по отношению к контролю [4]; содержание нитратов снижалось до 21 % на дерново-подзолистых и до 9 % – на пойменных почвах.

Исследования, проведенные на базе ООО «ФХ Пуцко» Новозыбковского района Брянской области, показали, что внесение в радиоактивно загрязненную дерново-подзолистую супесчаную почву удобрения ФосАгро NPK повысило урожай клубней картофеля на 5,8 т/га или на 22 %, а внесение удобрений Боркалимагнезия и Боркалимагнезия в сочетании с ФосАгро NP – на 14,0 и 10,0 т/га или на 54 и 38,5 % по отношению к контролю, соответственно (таблица).

**Влияние Гумитона и новых видов удобрений на урожайность картофеля
сорт Леди Клер и переход ^{137}Cs в клубни в ООО «ФХ Пуцко» Новозыбковского
района Брянской области, 2020 г.**

Вариант	Урожай клубней, т/га	Прибавка урожая к контролю, т/га	Кп ^{137}Cs в клубни	Кратность снижения, раз
Без применения Гумитона				
Фон – технология хозяйства	26,0	–	0,134	–
Фон + ФосАгро NPK	31,8	5,8	0,028	4,8
Фон + боркалимагнезия	40,0	14,0	0,075	1,8
Фон + боркалимагнезия + ФосАгро NP	36,0	10,0	0,020	6,7
НCP ₀₅	3,2	–	–	–
С применением Гумитона				
Фон – технология хозяйства	34,5	–	0,021	–
Фон + ФосАгро NPK	35,7	1,2	0,039	–
Фон + боркалимагнезия	43,4	8,9	0,048	–
Фон + боркалимагнезия + ФосАгро NP	40,3	5,8	0,017	1,2
НCP ₀₅	3,6	–	–	–

Обработка вегетирующих растений Гумитоном, содержащим гуматы калия, способствовала росту урожайности в вариантах с использованием Боркалимагнезии и Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP, на 26 % и 17 % по сравнению с контролем (без удобрений), соответственно. Применение Гумитона повышало урожай клубней по сравнению с вариантами без применения препарата: на контроле (технология хозяйства) на 33 %; при внесении ФосАгро NPK и Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP – на 12 % соответственно.

Содержание ^{137}Cs в клубнях во всех вариантах опыта (4–16 Бк/кг) было гораздо ниже нормативов СанПиН 2.3.2. 2650-10 (80 Бк/кг) [5] и составило всего 0,017–0,134 по всем вариантам опытов. Наибольший эффект по снижению перехода ^{137}Cs в клубни в эксперименте без применения гуминовых препаратов получен при внесении ФосАгро NPK и боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP (4,8 и 6,7 раза по сравнению с контролем, соответственно (таблица).

Наибольший эффект по снижению перехода ^{137}Cs в клубни картофеля в эксперименте с применением Гумитона был получен на контроле (технология хозяйства) – 6,4 раза. При применении Боркалимагнезии кратность снижения накопления ^{137}Cs в клубнях составила 1,6 раза по сравнению с вариантом без использования органоминерального комплекса. Полученные данные можно объяснить эффектом «разбавления» при повышении урожая (эффект «разбавления» – это снижение содержания радионуклидов на единицу массы сухого вещества по мере увеличения урожая).

Кратность снижения перехода ^{137}Cs в клубни картофеля в эксперименте с применением Гумитона по сравнению с контролем (без удобрений и использования препарата) составила: 3,4 раза; 1,7 раза и

7,9 раза при использовании ФосАгро НРК, Боркалимагнезии и Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро НР, соответственно.

На радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых почвах Брянской области применение Гумитона на картофеле до наступления фазы бутонизации вызвало повышение продуктивности на 12–33 %, в зависимости от агрофона, по сравнению с вариантами без применения препарата. Радиологическая эффективность Гумитона проявилась в снижении накопления ¹³⁷Cs в клубнях в 1,6–6,4 раза в зависимости от агрофона, по сравнению с вариантами без использования препарата, и в 1,7–7,9 раза по сравнению с абсолютным контролем, соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Риск получения молока и кормов, не соответствующих нормативам по содержанию цезия-137 / Н. М. Белоус [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 5. – С. 75–77.
2. Ионас, Е. Л. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на динамику роста, накопление биомассы растений, фотосинтетическую деятельность и урожайность картофеля / Е. Л. Ионас // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 84–90.
3. Органоминеральный комплекс Гумитон как элемент адаптивной технологии возделывания озимой пшеницы в Брянской области / А. А. Суслов [и др.] // Агротехнический вестник. – 2020. – № 4. – С. 24–29. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10051.
4. Mazurov V. N. Gumiton - New Organo-Mineral Complex to Increase the Productivity of Agricultural Cultures / V. N. Mazurov, P. S. Semeshkina, A. N. Ratnikov, S. P. Arysheva, D.G. Sviridenko // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-4, November 2019. – P. 3374–3381.
5. Сельскохозяйственная радиоэкология / под ред. Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.

УДК 633.367.003.13:631.5(477.4)

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖИТОМИРСКОГО ПОЛЕСЬЯ

В. И. РАТОШНЮК, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотрудник
Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины,
г. Житомир, Украина

В. В. РАТОШНЮК,
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
г. Киев, Украина

Исследовано влияние условий минерального питания на урожайность зерна люпина узколистного в зоне Полесья Украины. На окультуренных почвах с достаточным запасом легкодоступных форм фосфора и калия получен оптимальный урожай семян люпина узколистного как кормового, так и сидерального направлений использования. Оптимальной нормой высева семян, которая обеспечивает высокие урожаи товарного зерна

при строчном способе сева является 1,2 млн. шт./га семян при внесении минеральных удобрений в норме $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Ключевые слова: люпин узколистный, продуктивность, минеральные удобрения, урожайность.

Рост, развитие и формирование показателей индивидуальной продуктивности является одной из важнейших агробиологических особенностей сельскохозяйственных культур, которая отражает сложное взаимодействие генотипа растительного организма с комплексом технологических приемов и агроклиматических ресурсов региона выращивания, в том числе и у люпина узколистного [1].

Среди факторов, влияющих на формирование высоких урожаев зерновых бобовых культур в комплексе мероприятий и обуславливающих высокий общий уровень культуры земледелия, ведущее место занимает создание оптимальной системы удобрения. Внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов люпина обуславливает значительную потребность в основательных знаниях относительно закономерностей процессов роста и развития растений в зависимости от срока, способа посева нормы высева семян и удобрения.

Интенсификация ростовых процессов прямо пропорционально увеличивает показатели формирования генеративных органов и создает предпосылки для формирования высокой индивидуальной продуктивности зернобобовых культур. Известно, что интенсификация процессов роста и развития может быть обусловлена влиянием экологических, эдафических и биотических факторов, а также антропогенного воздействия [2]. Так, долевая участь технологических приемов в формировании продуктивности зернобобовых культур в зоне неустойчивого увлажнения составляет 56–78 %, а при благоприятном взаимодействии нерегулируемых факторов достигает более 85 % [3].

Цель исследований заключается в определении влияния условий минерального питания на урожайность зерна люпина узколистного в зоне Полесья Украины.

Исследования проводились на изолированных участках селекционного и семеноводческого севооборотов отдела первичного и элитного семеноводства Института сельского хозяйства Полесья НААН. Почвы – дерново-средне-подзолистые супесчаные на морене с агрохимической характеристикой пахотного (0–20 см) слоя: рН солевой вытяжки – 5,4, гидролитическая кислотность – 1,64 мг / экв. на 100 г почвы, содержание гумуса (по Тюрину) – 1,12 %, содержание подвижных форм фосфора и калия – соответственно 5,2 и 4,8 мг на 100 г воздушно-сухой почвы [4, 5].

Полевые исследования по изучению влияния сроков, способов посева, норм высева семян, норм и сроков внесения минеральных удобрений

ний на продуктивность сортов люпина узколистного проводили по общепринятым методикам по закладке и проведению полевого опыта.

В опыте изучали действие и взаимодействие шести факторов: НА – сорт; В – сроки сева; С – способы сева; D – нормы высева; F – дозы минеральных удобрений; G – внекорневые подкормки. В опыте высевали новые скороспелые сорта люпина узколистного Олимп, Переможец (универсальные) и Грозинский 9 (сидеральный).

Во время вегетации растений люпина применяли внекорневые подкормки, руководствуясь схемой опыта. Для внекорневых подкормок использовали Новалон Фолиар, который является комплексным водорастворимым удобрением на хелатной основе, в состав которого входят такие макро- и микроэлементы:

– первая подкормка Новалон Фолиар – 10-45-15 + 0,5MgO + ME (N – 10 %, P – 45 %, K – 15 %, Mg – 2 %, S – 1,5 %, B – 0,02 %, Cu – 0,015 %, Mn – 0,035 %, Fe – 0,08 %, Mo – 0,002 %, Zn – 0,035 %) – обеспечивает растения в начале вегетации водорастворимыми соединениями фосфора, улучшает развитие корневой системы и закладки генеративных органов;

– вторая подкормка Новалон Фолиар – 9-12-40 + 0,5MgO + ME (N – 9 %, P – 12 %, K – 40 %, Mg – 2 %, S – 1,5 %, B – 0,02 %, Cu – 0,015 %, Mn – 0,035 %, Fe – 0,08 %, Mo – 0,002 %, Zn – 0,035 %) – необходимая во второй половине вегетации, удовлетворяет резко растущую потребность растений в калии, повышает урожай, качество, а также устойчивость к болезням и стрессам.

Опрыскивание посевов люпина узколистного удобрением Новалон Фолиар в дозе 1 кг/га проводили в фазе бутонизации и в фазе начало налива семян. Анализ метеорологических показателей за годы проведения исследований показывает, что погодные условия были обычными для Правобережной части Полесья, однако по годам отличались и характеризовались в течение вегетационных периодов изменениями температурного режима, уровнем увлажнения, неравномерным распределением осадков. В отдельные годы наблюдался длительный период без осадков, что привело к засухе.

Установлено, что на величину урожая люпина узколистного, важное влияние оказали и нормы минеральных удобрений. Выявлено, что на вариантах без применения минеральных удобрений высева 0,6 млн семян/га урожай зерна сорта Олимп в среднем за годы исследований составлял 1,37 т/га.

Внесение фосфорных и калийных удобрений в норме $P_{60}K_{60}$ способствовало росту урожайности зерна люпина до 1,54 т/га, что на 0,17 т/га больше по сравнению с неудобренным фоном. Увеличение нормы высева семян до 0,9 млн. семян/га способствовало повышению

урожая исследуемой культуры, который на фоне фосфорных и калийных удобрений составлял 2,01 т/га. Прирост урожая за счет действия удобрений при этом составлял 0,23 т/га. На посевах, где высевали по 1,2 млн. семян/га и вносили по 60 кг действующего вещества фосфорных и калийных удобрений, была получена урожайность зерна на уровне 2,15 т/га.

Аналогичная закономерность выявлена и у сортов Переможец и Грозинский 9. С увеличением нормы высева семян с 0,6 до 1,2 млн. семян/га при фосфорно-калийном удобрении растений, урожайность зерна люпина узколистного у сорта Переможец выросла с 1,42 до 1,97 т/га, а у сорта Грозинский 9 – соответственно с 1,76 до 2,41 т/га. Прирост урожая от действия указанной нормы минеральных удобрений находился в пределах 0,16–0,27 т/га.

Внесение полного минерального удобрения со стартовой дозой азота $N_{30}P_{60}K_{60}$ на посевах с нормой высева 0,6 млн. семян/га способствовало увеличению урожайности зерна, которая у сортов Олимп, Переможец и Грозинский 9 составляла 1,70 т/га, 1,56 и 1,94 т/га соответственно. Рост нормы высева семян люпина до 0,9 млн. семян/га на фоне полного минерального питания $N_{30}P_{60}K_{60}$ привел к повышению урожайности зерна исследуемой культуры, прирост которой за счет действия минеральных удобрений составлял 0,43 т/га у сорта Олимп, 0,30 т/га – в сорта Переможец и 0,47 т/га – в сорта Грозинский 9.

Наивысшая урожайность зерна люпина, которая у сорта Олимп составляла 2,37 т/га, сорта Переможец – 2,17 и Грозинский 9 – 2,65 т/га была получена на фоне внесения полного минерального удобрения в норме $N_{30}P_{60}K_{60}$ при высева 1,2 млн. семян/га. Дальнейшее увеличение дозы внесения азотных удобрений до N_{60} не влияло на рост урожайности зерна.

Еще одним фактором влияния на процессы формирования продуктивности растений является улучшение условий их минерального питания в критические периоды роста и развития. На основе собственных исследований установлено влияние внекорневых подкормок водорастворимыми комплексными удобрениями с микроэлементами в различные фазы развития растений на индивидуальную продуктивность узколистного люпина и качество исходного семенного материала.

На вариантах, где высевалось 0,6 млн. семян/га на фоне полного минерального питания в дозе $N_{30}P_{60}K_{60}$ и применялась только одна внекорневая подкормка, прирост урожая зерна люпина составлял 0,17 т/га. Введение второй внекорневой подкормки водорастворимыми комплексными удобрениями с микроэлементами в период формирования семян способствовало увеличению урожайности зерна исследуемой культуры в среднем за 2011–2013 гг. до 1,96 т/га. Прирост урожая

от двух внекорневых подкормок составил 0,26 т/га. На вариантах, где высевалось 0,9 млн. семян/га, при аналогичной системе удобрения, прирост урожая зерна сорта Олимп составил 0,34 т/га, сорта Переможец – 0,32 т/га и сорта Грозинский 9–0,38 т/га.

Наиболее высокая урожайность зерна люпина всех сортов, независимо от направления хозяйственного использования, формировалась на вариантах, где высевали по 1,2 млн. семян/га и применяли минеральные удобрения в дозе $N_{30}P_{60}K_{60}$ при условии основного внесения в сочетании с двумя внекорневыми подкормками. В случае введения указанного технологического приема, урожайность зерна сорта Олимп составляла 2,74 т/га, сорта Переможец – 2,51 т/га и сорта Грозинский 9–3,07 т/га.

Высев 1,2 млн. семян/га в опыте обеспечил по сравнению с минимальным его количеством (0,6 млн. семян/га) прирост урожая зерна сорта Олимп на уровне 0,67 т/га, сорта Переможец – 0,61 и сорта Грозинский 9 – 0,71 т/га. Прирост урожая за счет внекорневых подкормок при этом составлял у сортов Олимп 0,37 т/га, Переможец – 0,34, Грозинский 9 – 0,42 т/га.

Следовательно, для обеспечения растений люпина узколистного доступными формами макро- и микроэлементов рекомендуется применение новых эффективных форм минеральных удобрений, которые в сочетании с микропрепаратами обеспечивают формирование не только высоких урожаев зерновой массы люпина, но и способствуют более быстрому созреванию семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джура, Н. М. Урожайность люпина узколистного в зависимости от агротехнических мероприятий в правобережной Лесостепи / Н. М. Джура // Сборник научных трудов ННЦ «Институт земледелия УААН». – М., 2006. – Вып. 3–4. – С. 66–70.
2. Каминский, В. Ф. К вопросу решения белковой проблемы / В. Ф. Каминский, М. А. Петровский // Вестник аграрной науки. – 2003. – № 5. – С. 23–27.
3. Научные основы современных технологий выращивания высокобелковых культур / В. Ф. Петриченко, А. А. Бабич, С. И. Колесник [и др.] // Вестник аграрной науки. Спец. выпуск. – Киев, 2003. – С. 15–19.
4. Ратошнюк, В. И. Продуктивность люпина узколистного в зависимости от влияния элементов технологии его выращивания в зоне Полесья Украины / В. И. Ратошнюк // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: зб. навук. прац / Нац. акад. навук Беларусі, Палес. аграр.-экал. ін-т; редкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск: Беларус. навука, 2016. – Вып. 9. – С. 63–66.
5. Ратошнюк, В. И. Воздействие элементов технологии выращивания на производительность люпина узколистного / В. И. Ратошнюк // Сб. науч. тр. Мироновского института пшеницы имени В. М. Ремесла НААН Украины. – Вып. 4. – 2017. – С. 237–249.

**ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВНЫЕ
БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИСТЬЕВ ЛУКА-ШАЛОТА
(*Allium ascalonicum* L.)**

Т. М. СЕРЕДИН, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории селекции
и семеноводства луковых культур
ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»,
пос. ВНИИССОК, Российская Федерация

С. В. ЖАРКОВА, д-р с.-х. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»,
г. Барнаул, Российская Федерация

А. В. МОЛЧАНОВА, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник
лабораторно-аналитического центра
ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»,
пос. ВНИИССОК, Российская Федерация

В. В. ШУМИЛИНА, канд. с.-х. наук, науч. сотрудник отдела овощных культур
ФГБНЦ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов» им. Н. И. Вавилова,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Лук-шалот, лук семейный, сорокозубка, куцевка (Allium ascalonicum) – вид травянистых многолетних растений рода лук семейства луковых. Овощная культура. В диком виде растет на Алтае, в горах Казахстана. Центром происхождения является высокогорный Абиссинский очаг. Известен с 18 в. По морфологическим и биологическим признакам лук-шалот близок к луку репчатому.

Ключевые слова: лук-шалот, лист, биохимические показатели, биопрепараты.

Лук-шалот отличается присущим ему сильно выраженным свойством ветвления, а в связи с этим способностью образовывать в гнезде большое число луковиц, уступающих по своим размерам луковицам лука репчатого, но отличающихся более нежным вкусом, лишенным горечи – за что он ценится гурманами во всем мире; кроме того, он более скороспелый и лежкий (способен долго сохранять товарный вид). Растения лука шалота светолюбивые. По мере подсыхания почвы необходимы поливы, из расчета 10 л/м². Корневая система мочковатая, слабо разветвленная, листовые пластинки длительное время не грубеют. Соцветие – рыхлый зонтик на высокой цветочной стрелке (высота до 1 м). Луковицы лука-шалота различной формы от округлой до овальной, массой от 6 до 30 г. Окраска сухих чешуй фиолетовая, красная, белая и желтая разных оттенков. Луковицы многозачатковые, морозостойкие (переносят заморозки до –2 °С), могут замерзать и оттаивать, сохраняя способность к отрастанию; многолетний лук-шалот прекрасно зимует под снегом.

Листья выдерживают весенние заморозки до – 6 °С. По вкусу луковец сорта лука-шалота подразделяют на острые и полуострые. Ценится лук-шалот и за высокое качество листьев, отличающихся сочностью, нежностью, ароматичностью и благоприятным сочетанием сахаров, белка, аскорбиновой кислоты и ряда биологически активных веществ. Листья у шалота трубчатые, узкие, шиловидные, длиной 20–40 см, темно-зеленые, с восковым налетом. У лука-шалота, различают три разновидности: китайская (*Allium ascalonicum* var. *chinense*.), обыкновенная (*Allium ascalonicum* var. *ascalonicum*) и крупная (*Allium ascalonicum* var. *majus*) [1, 2, 3].

Содержание аскорбиновой кислоты в листьях сортообразцов лука шалота колебалось от 19,36 мг % до 25,52 мг %, максимальное значение было отмечено в листьях без обработки биопрепаратами и в образце Вяземский 9 при обработке хелатом меди, а минимальное в листьях сортообразца ВИР Ш-11 (табл. 1).

Таблица 1. Влияние биопрепаратов на основные биохимические показатели листьев лука-шалота, 2020–2021 гг.

Вариант опыта	Сухое вещество, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Моносахара, %
Контроль (без обработки)	8,16	25,52	1,98
Хелат меди (Ш-11)	6,69	19,36	1,11
Хелат меди (Вяземский 9)	8,54	25,52	2,57
Акварин (Дачная соната)	7,82	21,12	1,43
Гумат калия (Челябинский розовый)	7,03	22,68	2,57
Гумат калия (Макарьевский)	8,27	20,24	1,98

По содержанию моносахаров выделился сорт лука-шалота Челябинский розовый (максимальное значение) 2,57 %, при обработке гуматом калия. Минимальное содержание моносахаров было отмечено у коллекционного образца Ш-11, при обработке листьев лука-шалота хелатом меди. По содержанию сухого вещества в листьях лука-шалота была отмечена тенденция: разница между образцами составила в 2,5 раза от наибольшего к наименьшему: Челябинский розовый (гумат калия) > Вяземский 9 (хелат меди) > Макарьевский (гумат калия) > контроль (без обработки) > Дачная соната (акварин) > Ш-11 (хелат меди).

По содержанию в листьях лука-шалота фотосинтетических пигментов наибольший интерес представляют образцы: Дачная соната (с применением акварина) и Челябинский розовый (с применением гумата калия), как с максимальным содержанием хлорофилла А, В, суммы хлорофиллов и каротиноидов. С минимальным содержанием хлоро-

филлов и каротиноидов выделился коллекционный образец Ш-11, при обработке хелатом меди. Влияние применения акварина на содержание каротиноидов в листьях лука-шалота Дачная соната оказало положительный эффект (0,10 мг/г).

Таблица 2. Фотосинтетические пигменты в надземной массе лука-шалота, 2020–2021 гг.

Вариант опыта	Хлорофилл А, мг/г	Хлорофилл В, мг/г	А+В, мг/г	Каротиноиды, мг/г
Контроль (без бработки)	0,64	0,48	1,12	0,09
Хелат меди (Ш-11)	0,48	0,39	0,88	0,06
Хелат меди (Вяземский 9)	0,51	0,40	0,91	0,06
Акварин (Дачная соната)	0,76	0,52	1,28	0,10
Гумат калия (Челябинский розовый)	0,77	0,54	1,31	0,10
Гумат калия (Макарьевский)	0,65	0,49	1,14	0,08

Таким образом, полученные результаты по содержания основных биохимических показателей и фотосинтетических пигментов в листьях лука-шалота, при обработке различными биопрепаратами и влиянием последних на пищевую ценность появляется возможность употребления в пищу листьев с высоким содержанием сухого вещества (8,54 %), аскорбиновой кислоты (25,52 мг %), моносахаров (2,57 %), а также хлорофиллов А и В и каротиноидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова, Т. Е. Применение микробиологических удобрений при выращивании лука-шалота / Т. Е. Иванова, Е. В. Лекомцева // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4 (60). – С. 15–20.
2. Минеральный состав растений рода *Allium* L. коллекционного питомника ФНЦО / Т. М. Середин [и др.] // Роль метабономики в совершенствовании биотехнологических средств производства: сб. тр. Междунар. науч. конф. – М., 2019. – С. 382–389.
3. Соромотина, Т. В. Влияние регуляторов роста растений и массы посадочной луковицы на урожайность листьев лука-шалота при выгонке / Т. В. Сороматина // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 3 (19). – С. 113–118.

РОЛЬ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ АГРОХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИТАТЕЛЬНОГО СУБСТРАТА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТАБАЧНОЙ РАССАДЫ

Н. В. СИДОРОВА, Т. В. ПЛОТНИКОВА, канд. с.-х. наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака,
махорки и табачных изделий»,
г. Краснодар, Российская Федерация

Е. В. ЕГОРОВА,
ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ»,
г. Краснодар, Российская Федерация

Изучено влияние органоминеральных удобрений Нитрофит, AgroVerm, AGREE'S Рассада и Фитоферт Энерджи Ризофлекс на плотность заселения патогенными грибами, обогащение питательными элементами, биологическую активность парникового субстрата, рост и развитие растений табака, урожайность и качество сырья.

Ключевые слова: табак, органоминеральные удобрения, рассада, микромицеты, биологическая активность, урожайность.

Трудоемкость возделывания табака заключается, прежде всего, в выгонке рассады. Согласно рекомендациям, смена питательной смеси при этом должна производиться ежегодно, однако зачастую данный агротехнический элемент не исполняется, что влечет за собой деградацию субстрата, накопление инфекции и, следовательно, поражение рассады табака гнилями. Альтернативным приемом, сохраняющим супрессивный потенциал и повышающим плодородие парниковой смеси рассадника при несменяемом возделывании табака, является использование органоминеральных удобрений. Целью исследований являлось изучение влияния органоминеральных удобрений на содержание основных питательных элементов в парниковом субстрате, изменение его биологической активности, содержание органического вещества, плотность патогенной микрофлоры, рост, развитие, продуктивность растений и качество табачного сырья.

Для исследований взяты удобрения Нитрофит в состав которого входит азот – 20 %, гуминовые кислоты – 6 % и микроэлементы (Си, Fe, Mn, Co, Zn). Удобрение AGREE'S Рассада содержит гуминовые кислоты, аминокислоты, SO₃, MgO, K₂O, P₂O₅ и N общий. В состав удобрения АгроВерм входят микроэлементов, органические кислоты, фитогормоны. Фитоферт Энерджи Ризофлекс – содержит макроэлементы (NK), микроэлементы (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo), экстракт бурых водорослей (келп), юкки, сахарной свеклы и сои.

Исследования проведены на опытно-экспериментальной базе ФГБНУ ВНИИТТИ (парниковое хозяйство и опытно-селекционный участок). Рассадку табака выращивали в необогреваемых парниках. Площадь учетной делянки составила 1 м², повторность четырехкратная. Норма высева семян – 0,3 г/м². Опыт закладывали на фоне с обеспечением содержания подвижных форм питательных элементов на 50 % от оптимально необходимого: N₃₅P₃₀K₃₅. Испытываемые удобрения Нитрофит (1,0 мл/м²), AgroVerm (0,3 мл/м²), AGREE`S Рассада (1,0 мл/м²) и Фитоферт Энерджи Ризофлекс (0,5 мл/м²) вносили до посева семян табака (за 3 суток) и в период выгонки рассады (через 2 и 4 недели после посева семян) с поливной водой из расчета 1 л рабочего раствора/м² [1].

Влияние испытанных удобрений на агрохимические и биологические изменения питательной смеси рассадника определяли по ее диагностике: нитрифицирующая способность субстрата по Кравкову, активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов по Федорову и интенсивность выделения СО₂ из почвы (дыхание почвы) – по Штанову. Видовой состав микрофлоры устанавливали с помощью микроскопирования. В условиях поля опыт проводили по соответствующим методикам [2].

Использование органоминеральных удобрений в рассаднике при выращивании табака способствует процессу очищения деградированной питательной смеси от патогенных грибов и, следовательно, наблюдается снижение или как в данном опыте – отсутствие поражения растений рассадными гнилями. При микологическом анализе образцов питательной смеси с применением удобрений установлено снижение количества колоний патогенных грибов по сравнению с контролем, где обнаружены грибы из условно-патогенной группы рода *Alternaria* spp. (3,5 тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы), условно-супрессивной группы рода *Penicillium* spp. (2,5 тыс. КОЕ/г), представитель сапротрофной группы рода *Rhizopus* spp. (1,0 тыс. КОЕ/г) (табл. 1).

Таблица 1. Содержание микромицетов в образцах питательной смеси с применением удобрений

Вариант	Микромицет	Количество КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы, тыс.
Контроль N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅ - фон	<i>Alternaria</i> spp.	3,5
	<i>Penicillium</i> spp.	2,5
	<i>Rhizopus</i> spp.	1,0
AGREE`S рассада	<i>Penicillium</i> spp.	1,5
	<i>Alternaria</i> spp.	1,0
Agro Verm	<i>Alternaria</i> spp.	2,5
Нитрофит	<i>Alternaria</i> spp.	единичные колонии
Фитоферт Энерджи Ризофлекс	<i>Penicillium</i> spp.	2,0
	<i>Alternaria</i> spp.	0,5

Также установлено, что использование удобрений в рассаднике ведет к улучшению агрохимических свойств парниковой смеси за счет обогащения ее подвижными питательными элементами. Под воздействием испытанных препаратов отмечено увеличение содержания нитратного азота на 45–73 %, аммиачного – на 38–82 %, подвижного фосфора – на 27–32 % и обменного калия – на 35–47 %. Кроме того, удобрения способствовали увеличению содержания гумуса (основного органического вещества почвы, которое содержит питательные вещества, необходимые растениям) в субстрате на 0,5–0,7 %.

Испытанные препараты оказали положительное влияние на биологическую активность почвы, в том числе на нитрификационную способность почвы, которая увеличилась в 1,6–2,0 раза в сравнении с контролем (табл. 2).

Таблица 2. Влияние удобрений на биологическую активность питательной смеси

Вариант	Нитрификационная способность почвы, мг NO ₃ на кг	Интенсивность выделения углекислоты почвой, мг CO ₂ /кг в сутки	Активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, %
Контроль	4,4	15,4	16,1
AGREE S рассада	7,2	28,6	34,4
АгроВерм	8,2	29,6	38,7
Нитрофит	7,5	29,0	35,5
Фитоферт Энерджи Ризофлекс	8,8	29,9	40,6

Деятельность почвенных микроорганизмов, т. е. продуцирование ими углекислого газа, повысилась на фоне удобрений в 1,9–2,0 раза по сравнению с контролем. Благодаря оживлению деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов интенсивность разложения клетчатки увеличилась в 2,1–2,6 раза. В результате предотвращается дальнейшая деградация несменяемой деградированной питательной смеси и восстанавливается ее плодородие, что положительно сказывается на росте и развитии рассады и растений в поле и, в конечном итоге, на урожайности табака.

Рассада, выращенная с использованием удобрений, получается качественной, выровненной, с хорошо развитой корневой системой. При этом длина растений до точки роста превышала контрольные растения на 36–52 %, до конца вытянутых листьев – на 38–47 %, масса корней – на 31–41 %, масса наземной части – на 48–60 %. Диаметр стебля удобрённых растений у корневой шейки увеличился на 0,8–1,2 мм по сравнению с контролем. Итогом рассадного периода является учет стан-

дартных растений табака. Отмечено, что выход готовой к посадке рассады с единицы парниковой площади увеличился на 34–37 %.

Дальнейшие наблюдения в полевых условиях показали, что табачная рассада, обработанная агрохимикатами, легче преодолевала «пересадочный» шок, лучше приживалась, в результате табак лучше адаптировался к внешним воздействиям. На контроле же наблюдалась задержка в росте растений. В результате разница по высоте между контрольными и удобренными растениями в парниковый период через 60 дней после посадки составила 4–6 см (7–11 %), в конце уборки – 9–14 см (5–7 %). Испытанные удобрения оказали ростостимулирующее влияние и на размеры листьев табака, площадь которых увеличилась на 16–20 %. По количеству технических листьев, убранных с одного растения, разница между удобренными и контрольными растениями составила 1–2 листа. Отставание в росте и развитии растений на контрольных делянках отразилось и на количестве недоразвитых растений, их было больше на 4–9 % по сравнению с другими вариантами. Применение органоминеральных удобрений в рассаднике позволило сократить вегетационный полевой период, получить более дружное формирование соцветий и, как следствие, увеличить количество продуктивных семенных растений (имеющих соцветия с побуревшими коробочками и плодоножкой бурого цвета) на 9–15 %.

Одним из важнейших хозяйственно-ценных признаков табака является урожайность его листьев. В результате обработок, проведенных в рассадный период отмечено получение дополнительного урожая в раз-мере 5,7–7,2 ц/га (13–17 %) (НСР – 2,51 ц/га).

Следует отметить, что для табачной культуры помимо урожайности важное значение имеет качество табачного сырья. Основными показателями при этом являются белки, никотин и углеводы. Так, никотин определяет уровень крепости табака, углеводы и белки – его вкусовые свойства. В основном курительные достоинства табака определяются углеводно-белковым соотношением (или числом Шмука), при этом сырье считает качественным, когда значение его равно или более единицы.

В результате исследований отмечено положительное влияние органоминеральных удобрений на качество табачного сырья, наблюдается увеличение содержания углеводов в листьях табака. Углеводно-белковое отношение по всем вариантам опыта превышает контрольные показатели.

Таким образом, установлено, что восстановить деградированный субстрат в защищенном грунте при несменном выращивании рассады табака возможно применяя органоминеральные удобрения. Трехкратное внесение природоохранных удобрений Нитрофит, AgroVerm, Agrees рассада и Фитоферт Энерджи Ризофлекс в питательную смесь

рассадника с обеспеченностью питательными элементами на 50 % от оптимального содержания ($N_{35}P_{30}K_{35}$) до посева семян табака и двукратно в виде внекорневой подкормки в период роста рассады способствует увеличению содержания в парниковом субстрате основных питательных элементов, повышению нитрификационной способности, деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, интенсивности дыхания почвы, содержания гумуса (основного органического вещества почвы), снижению плотности патогенной микрофлоры и отсутствию поражения растений стеблекорневыми гнилями. На фоне испытанных удобрений отмечено увеличение длины рассадных растений до точки роста, массы стеблей и массы корней, выхода стандартной рассады, урожайности и улучшения курительных достоинств табачного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методическое руководство по проведению агротехнических опытов с табаком в рассадниках / С. Н. АLEXИН [и др.] // ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2013. – 27 с.
2. Методическое руководство по проведению полевых агротехнических опытов с табаком (*Nicotiana tabacum* L.) / С. Н. АLEXИН [и др.] // ГНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2011. – 42 с.

УДК 633.264:631.84

СТИМУЛИРОВАНИЕ КУЩЕНИЯ ОВСЯНИЦЫ ЛУГОВОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

С. И. СТАНКЕВИЧ, канд. с.-х. наук, доцент,
В. И. ПЕТРЕНКО, канд. с.-х. наук, доцент,
А. В. ПЕТРЕНКО, ассистент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

В статье рассматривается возможность увеличения образования укороченных вегетативных побегов в летне-осенний период вегетации за счет внесения различных доз азотных удобрений.

Ключевые слова: *травы озимого и полудозимого типа развития, укороченные вегетативные и генеративные побеги, масса семян.*

Азот входит в состав всех простых и сложных белков, нуклеиновых кислот, играющих исключительно важную роль в обмене веществ в организме. В начальный период роста растения потребляют сравнительно небольшое количество азота, однако недостаток его в этот период отрицательно сказывается на дальнейшем росте и развитии растений. Наиболее интенсивно растения поглощают азот из почвы для синтеза аминокислот и белков в период максимального роста и обра-

зования вегетативных органов. У трав озимого и полуозимого типа развития, генеративные побеги образуются из укороченных вегетативных, которые прошли стадию яровизации и достигли хорошего развития. Образование укороченных вегетативных побегов в летне-осенний период вегетации во многом зависит от внесения азотных удобрений, которые стимулируют кущение у злаковых трав. После перезимовки, хорошо развитые укороченные вегетативные побеги переходят в генеративную стадию. Такое развитие побегов является основополагающим в повышении семенной продуктивности многолетних злаковых трав. Одной из наиболее распространенных и востребованных злаковых трав, при создании сенокосных и пастбищных травостоев, является овсяница луговая.

Широкое применение овсяница луговая нашла не только в кормопроизводстве, она также используется при озеленении городских территорий, создании газонов и спортивных площадок. Однако в настоящее время урожайность семян овсяницы не высокая, вследствие чего ощущается дефицит семян. Для решения этой проблемы необходимо совершенствовать технологию возделывания овсяницы на семена с целью повышения ее семенной продуктивности. Повышение семенной продуктивности овсяницы можно достичь путем стимулирования ее кущения, с целью образования большего количества вегетативных, а в последующем и генеративных побегов. Овсяница луговая относится к растениям полуозимого типа развития и так же отзывчива на внесение азотных удобрений в летне-осенний период вегетации.

Для изучения формирования структуры травостоя, элементами которой являются вегетативные укороченные и генеративные побеги, под влиянием различных доз азотных удобрений был заложен производственный полевой опыт в ОАО «Новая Друть» Бельничского района. Агротехника возделывания овсяницы луговой, согласно отраслевому регламенту возделывания сельскохозяйственных культур.

Схема опыта включала дозы внесения азотных удобрений: 1. Без азота (контроль); 2. 30 кг/га д.в. азота; 3. 45 кг/га азота; 4. 60 кг/га азота. Азотные удобрения вносились осенью в фазу летне-осеннего кущения овсяницы. Количество вегетативных укороченных и генеративных побегов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Структура травостоя овсяницы луговой в зависимости от доз внесения азотных удобрений (2021 г.)

Варианты опыта	Общее количество побегов, шт/м ²	Количество вегетативных побегов, шт/м ²	Количество генеративных побегов, шт/м ²	Доля генеративных побегов, %
Без азота (контроль)	1294	516	778	60,1
30 кг/га азота	1726	603	1125	65,2
45 кг/га азота	1892	435	1457	77,0
60 кг/га азота	2014	586	1432	71,1

Анализ данных табл. 1 показал, что общее количество побегов, в вариантах при внесении азота образовывалось больше, чем на контрольном варианте на 432–720 шт/м² в зависимости от варианта опыта. Внесение азотных удобрений оказало влияние и на увеличение генеративных побегов с 778 шт/м² в варианте без азота до 1457 шт/м² с внесением азотных удобрений. В вариантах опыта с внесением азотных удобрений количество генеративных побегов увеличилось с 1125 шт/м² до 1457 шт/м², а максимальное их количество наблюдалось при внесении 45 кг/га д. в. азота и составила 1457 шт/м² с долей генеративных побегов 77,0 %.

Следует отметить, что увеличения доз азотных удобрений оказал влияние на увеличения общего количества побегов, максимальное количество отмечено при дозе азота 60 кг/га – 2014 шт/м², однако доля генеративных побегов было выше при внесении 45 кг азота на гектар – 1457 или 77 % от общего количества.

Дозы азотных удобрений, вносимые осенью в фазу летне-осеннего кущения овсяницы, оказали влияние на структуру урожая. Данные влияния доз азотных удобрений представлены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние доз удобрений на структуру урожая овсяницы луговой

Варианты опыта	Количество генеративных побегов на 1 м ² , шт.	Масса семян на 1 м ² , г	Масса семян с 1-го побега, г	Масса 1000 семян, г
Без азота (контроль)	778	46	0,0591	1,8
30 кг/га азота	1125	67	0,0596	1,9
45 кг/га азота	1457	86	0,0590	2,2
60 кг/га азота	1432	78	0,0545	2,0

Анализ данных таблицы показывает, что в варианте без азота получен минимальный сбор семян овсяницы луговой с единицы площади – 46 г, а также минимальная масса семян с одного побега – 0,0591 г и масса 1000 семян – 1,8 г. Внесение азотных удобрений положительно повлияло на элементы структуры урожая овсяницы луговой. По всем вариантам с внесением азотных удобрений отмечено увеличение массы семян овсяницы с единицы площади, с одного побега и масса 1000 семян. Максимальное количество семян единицы площади получен в варианте с дозой азотных удобрений 45 кг/га – 86 грамм и в этом варианте выше масса 1000 семян – 2,2 г. Однако масса семян с одного побега было выше в варианте с дозой внесения азота 30 кг/га – 0,0596 г.

Таким образом, оптимальной дозой внесения азотных удобрений при возделывании овсяницы луговой на семенные цели является осен-

нее внесение в дозе 45 кг/га д. в., при такой дозе внесения азота образуется общее количество побегов 1892 шт/м². В этом варианте с укороченных вегетативных побегов в весенний период переходят в генеративные побеги 77,0 %, а в контрольном варианте только 60,1 %. Кроме этого, выше массы семян овсяницы с единицы площади – 86 г и масса 1000 семян – 2,2 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак В.Н. Агрэкономическая эффе́ктивность применения удобрений / В. И. Босак. – Минск: БелНИВНФХв АПК, 2005. – 44 с.
2. Семеноводство: учебник / Г. И. Тарануха [и др.]. – Минск: Беспринт, 2004. – 237 с.
3. Шелюто, А. А. Кормопроизводство: учебник / А. А. Шелюто, В. Н. Шлапунов, Б. В. Шелюто; под ред. А. А. Шелюто. – Минск: Минфина, 2009. – 472 с.

УДК 631.879+549.678+631.432

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ НОРМ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД И ИХ СОЧЕТАНИЙ С ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕЙ АГРОРУДОЙ НА ЗАПАС ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЙ

К. Н. СТЕЛЬМАХ, аспирант,
А. Н. АРЕФЬЕВ, д-р с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Пензенской государственной аграрный университет»,
г. Пенза, Российская Федерация

Исследованиями установлено, что наиболее существенное влияние на накопление продуктивной влаги в почве за счет осенне-зимних осадков и более рационального его использования агроценозом кукурузы оказали осадки городских сточных вод используемые совместно с цеолитсодержащей агрорудой.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, осадки городских сточных вод, цеолитсодержащая агроруда, запас продуктивной влаги, коэффициент водопотребления, кукуруза.

Одним из факторов, оказывающих существенное влияние на формирование урожайности кукурузы в условиях лесостепного Поволжья, является влага. В природно-климатических условиях лесостепи Среднего Поволжья основной запас продуктивной влаги в почвах формируется за счет атмосферных осадков холодного периода года. Таким образом, агротехника возделывания кукурузы на зерно в первую очередь должна быть направлена на накопление влаги в почве и ее рациональное использование. Применение более дешевых местных минеральных ресурсов и органоминеральных удобрений является одним из приемов накопления про-

дуктивной влаги в почве и более рационального ее использования сельскохозяйственными культурами [1–5].

Задачей исследований являлось изучение последствия осадков сточных вод г. Пенза и их сочетаний с цеолитсодержащей агрорудой на формирование запаса продуктивной влаги в лугово-черноземной почве и водопотребление агроценозом кукурузы.

Исследования проводились в зернопаропропашном севообороте. Опыт проводился на лугово-черноземной выщелоченной малогумусной среднесиловой среднесуглинистой почве по следующей схеме: 1. Без ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды (контроль); 2. Цеолитсодержащая агроруда; 3. ОГСВ 100 т/га; 4. ОГСВ 120 т/га; 5. ОГСВ 140 т/га; 6. ОГСВ 160 т/га; 7. ОГСВ 180 т/га; 8. ОГСВ 100 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 9. ОГСВ 120 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 10. ОГСВ 140 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 11. ОГСВ 160 т/га + цеолитсодержащая агроруда; 12. ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда. Повторность опыта трехкратная. Размещение вариантов в опыте рендомизированное. Учетная площадь одной делянки 4 м². В опыте использовались осадки сточных вод г. Пенза. Содержание элементов питания: азот – 291, фосфора – 116 и калия – 120 мг/100 г осадков; углерода органического вещества – 21,2 %. В опыте использовалась цеолитсодержащая агроруда Лунинского месторождения Пензенской области с содержанием клиноптилолита 41 %. Осадки городских сточных вод и цеолитсодержащая агроруда были внесены в 2014 году в паровое поле под основную обработку почвы. В опыте возделывался гибрид кукурузы Ладожский 191 МВ. Запасы продуктивной влаги и водопотребление растений определялись расчетным методом по А. Н. Костякову.

В начале вегетации кукурузы в 2021 г. на варианте без внесения осадков городских сточных вод и цеолитсодержащей агроруды запас продуктивной влаги равнялся в слое почвы 0–30 см 23,2 мм, а слой почвы 0–100 см – 131,6 мм.

На фоне одностороннего последствия цеолитсодержащей агроруды запас продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см равнялся 31,5 мм, слой почвы 0–10 см 143,1 мм, достоверно превышая контроль на 8,1 и 11,5 мм соответственно.

Одностороннее последствие мелиоративных норм осадков городских сточных вод повышало запас продуктивной влаги в пахотном слое на 0,5 (ОГСВ 100 т/га) – 3,3 мм (ОГСВ 180 т/га), в метровом слое на 0,8–7,9 мм. Максимальный запас продуктивной влаги был отмечен на фоне последствия осадков городских сточных вод в комплексе с цеолитсодержащей агрорудой. Запас продуктивной влаги в пахотном слое на этих вариантах изменялся в интервале от 30,9 (ОГСВ 100 т/га +

цеолитсодержащая агроруда) до 34,5 мм (ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда), в слое почвы 0–100 см – от 142,8 до 148,2 мм, достоверно превышая контроль в пахотном слое на 7,7–11,3 мм, в метровом слое – 11,2–16,6 мм.

В период уборки кукурузы запас продуктивной влаги на контрольном варианте был ниже удовлетворительного и составлял в пахотном слое 11,1 мм, в метровом слое почвы – 75,9 мм.

На фоне одностороннего последействия цеолитсодержащей агроруды запас продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см достоверно превышал контроль на 2,8 мм и равнялся 13,9 мм. В метровом слое почвы запас продуктивной влаги на этом варианте составлял 78,7 мм, несущественно превышая контроль на 2,8 мм.

На вариантах с односторонним последействием мелиоративных норм осадков городских сточных вод запас продуктивной влаги в пахотном слое варьировал от 7,0 до 10,4 мм, в метровом слое от 67,9 до 75,9 мм. Достоверное снижение запаса продуктивной влаги в пахотном слое было отмечено на вариантах с последействием осадков городских сточных вод нормами от 120 до 180 т/га, в метровом слое почвы – нормами от 140 до 180 т/га.

На фоне последействия осадков городских сточных вод совместно с цеолитсодержащей агрорудой запас продуктивной влаги в пахотном слое варьировал в интервале от 7,8 до 11,2 мм, в метровом слое почвы от 69,9 до 75,7 мм. Достоверное снижение запаса продуктивной влаги было отмечено на вариантах с последействием осадков сточных вод нормами 160 и 180 т/га в комплексе с цеолитсодержащей агрорудой.

На контрольном варианте для создания одной тонны зерна кукурузы было использовано 666,2 м³ воды. Суммарное водопотребление агроценозом кукурузы на этом варианте опыта составляло 3211 м³/га (таблица).

Последействие осадков городских сточных вод и цеолитсодержащей агроруды на водопотребление агроценозом кукурузы

Вариант	Водопотребление		Коэффициент водопотребления	
	м ³ /га	отклонение от контроля, м ³ /га	м ³ /т	отклонение от контроля, м ³ /т
1	2	3	4	5
1. Без ОГСВ и цеолитсодержащей агроруды (контроль)	3211	–	666,2	–
2. Цеолитсодержащая агроруда	3298	87	635,5	30,7
3. ОГСВ 100 т/га	3219	8	616,7	49,5
4. ОГСВ 120 т/га	3262	51	596,3	69,9
5. ОГСВ 140 т/га	3308	97	584,5	81,7
6. ОГСВ 160 т/га	3352	141	565,3	100,9

1	2	3	4	5
7. ОГСВ 180 т/га	3370	159	565,4	100,8
8. ОГСВ 100 т/га + цеолитсодержащая агроруда	3325	114	584,4	81,8
9. ОГСВ 120 т/га + цеолитсодержащая агроруда	3343	132	566,6	99,6
10. ОГСВ 140 т/га + цеолитсодержащая агроруда	3389	178	564,8	101,4
11. ОГСВ 160 т/га + цеолитсодержащая агроруда	3418	207	528,3	137,9
12. ОГСВ 180 т/га + цеолитсодержащая агроруда	3432	221	513,8	152,4
НСР ₀₅		122		29,8

На фоне последствия цеолитсодержащей агроруды коэффициент водопотребления равнялся 635,5 м³/т. Снижение по отношению к контрольному варианту было достоверным и составляло 30,7 м³/т. Суммарное водопотребление на этом варианте равнялось 3298 м³/га. Увеличение по отношению к контролю было недостоверным и составляло 87 м³/га.

Суммарное водопотребление на фоне одностороннего последствия осадков городских сточных вод варьировало, в зависимости от нормы осадка, от 3219 до 3370 м³/га. Достоверное увеличение суммарного водопотребления было отмечено на фоне последствия осадков сточных вод нормами 160 и 180 т/га. Коэффициент водопотребления на этих вариантах опыта был значительно ниже контрольного варианта и варьировал в интервале от 565,3 до 616,7 м³/т.

Суммарное водопотребление на фоне последствия осадков городских сточных вод в комплексе с цеолитсодержащей агрорудой было выше контроля на 114–221 м³/га и изменялось в интервале от 3325 до 3432 м³/га. Однако коэффициент водопотребления на их фоне был ниже контроля на 81,8–152,4 м³/т и варьировал от 513,8 до 584,4 м³/т.

Таким образом, максимальное увеличение запаса продуктивной влаги в лугово-черноземной почве за счет осенне-зимних осадков и более рациональное ее использование агроценозом кукурузы обеспечило последствие осадков городских сточных вод в комплексе с цеолитсодержащей агрорудой.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90007

ЛИТЕРАТУРА

1. Арефьев, А. Н. Влияние природных цеолитов на водоудерживающую способность и режим влажности чернозема выщелоченного / А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина, Е. Н. Кузин // Нива Поволжья. – 2016. – № 1 (38). – С. 2–9.

2. Кузин, Е. Н. Использование осадков сточных вод в земледелии / Е. Н. Кузин, Г. Е. Гришин, В. П. Тян, К. Е. Денисов. – Саратов, 2003. – 144 с.

3. Кузин, Е. Н. Изменение плодородия чернозема выщелоченного и продуктивности сельскохозяйственных культур под действием полимерной мелиорации и удобрений / Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина. – Пенза, 2011. – 168 с.

4. Персикова, Т. Ф. Изменение агрохимических показателей, агрофизических и водных свойств по профилю дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава при применении куриного помета / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева / Энтузиасты аграрной науки: сб. статей по материалам Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры почвоведения Кубанского гос. аграр. ун-та им. И. Т. Трубилина и 80-летию члена-корреспондента РАН Кудеярова Валерия Николаевича. – 2019. – С. 280–288.

5. Персикова, Т. Ф. Оценка физических и водных свойств дерново-подзолистой почвы при внесении куриного помета / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. Конф., посвящ. Году науки и технологий. – Краснодар, 2021. – С. 69–72.

УДК 632.95:633.853.494.321

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОГО УРОЖАЯ ЗЕРНА ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ С ХОРОШИМИ ПИВОВАРЕННЫМИ КАЧЕСТВАМИ В УСЛОВИЯХ МИНСКОЙ ОБЛАТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА СЕВА КУЛЬТУРЫ

Е. В. СТРЕЛКОВА, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Рассмотрены сроки сева пивоваренного ячменя для получения качественного солода. Подобраны сорта пивоваренного ячменя с оптимальным содержанием белка. Определена доля влияния азотных удобрений на урожайность этой культуры в зависимости от погодных условий и особенностей технологии возделывания.

Ключевые слова: срок сева, пивоваренный ячмень, азот, сорт, белок, урожай.

Важнейшим компонентом в технологии производства пива с древнейших времен остается ячменный солод. Для его получения используют около 13 % от общего объема ячменя, произведенного в мире /1,3/. В настоящее время, в связи с повышением потребности отечественной пивоваренной промышленности в ячмене, наиболее остро встает вопрос об улучшении качества зерна этой культуры, так как использование низкокачественного сырья ведет к производству низкосортной продукции и сопровождается большим перерасходом зерна. Основной проблемой при возделывании этой культуры является его относительно невысокая урожайность, что связано с ограничением применения азота в дозе не выше 60 кг/га д. в. для получения сырья с

содержанием белка в зерне не более 11,5–12,0 %. Уровень содержания белка в зерне является главным фактором, контролирующим выход пивоваренной продукции и ее качество [2, 3]. Биохимический состав зерна ячменя формируется под влиянием комплекса факторов внешней среды, уровня плодородия почвы, условий увлажнения и температурного режима в период вегетации растений. Наряду с этим, в одинаковых почвенно-климатических условиях целенаправленным использованием агротехнических приемов можно существенно изменять физические показатели зерна и его химический состав. Поэтому актуальной проблемой является оптимизация основных элементов технологии возделывания пивоваренного ячменя для конкретных условий произрастания, с учетом сортовых особенностей с целью формирования максимального урожая зерна высокого качества.

Исследования по совершенствованию основных элементов технологии возделывания пивоваренного ячменя проводили в 2019–2020 гг. в Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой и супесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: гумус 1,8–2,3 %, P_2O_5 182–260 мг/кг, K_2O 162–300 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,8–6,4. Для посева использовали семена районированных сортов. Технология возделывания пивоваренного ячменя в опытах проводилась в соответствии с отраслевыми регламентами [5], за исключением изучаемых факторов. Определение содержания белка в зерне и солоде ячменя осуществляли косвенным методом на инфракрасном спектрофотометре.

Уровень урожайности ячменя на 65–70 % зависит от действия приемов, осуществляемых до и во время сева, и только на 30–35 % от элементов технологии, проводимых после сева. Последние, как правило, не столько повышают урожай, сколько сохраняют заложенный в него уровень [4].

Для получения высокого урожая зерна пивоваренного ячменя хорошего качества необходимо размещать пивоваренный ячмень в севообороте по предшественникам, которые создают предпосылки для формирования максимального урожая зерна с хорошими технологическими свойствами. Лучшими предшественниками для него являются пропашные культуры. Однако в последнее время в Беларуси значительно возросли посевные площади озимого и ярового рапса, которые составляют около 400–450 тыс. га. Результаты исследований свидетельствуют о том, что крестоцветный предшественник может представлять несомненный интерес для возделывания пивоваренного ячменя. Так, в условиях недостаточного увлажнения урожайность пивоваренного ячменя сорта Бровар при возделывании после озимого рапса

составила 23,9 ц/га и находилась практически на таком же уровне, как и после люпина узколистного (24,3 ц/га), который относится к наиболее благоприятным предшественникам для зерновых культур.

Исследования, проведенные в почвенно-климатических условиях Минской области республики, свидетельствуют о том, что оптимальный уровень азотного питания пивоваренного ячменя определяется не только плодородием почвы, но и погодными условиями, складывающимися в течение вегетационного периода, а также сортовыми особенностями культуры. Так, при возделывании пивоваренного ячменя сорта Талер на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием гумуса 1,8–2,1 % при преобладании неблагоприятных погодных условий во время вегетации растений урожай зерна при внесении N_{45} и N_{90} составил, в среднем за период исследований, соответственно 33,0 и 35,0 ц/га. При этом необходимо отметить, что в течение двух лет более высокая доза азота обеспечивала достоверную прибавку урожая зерна, а содержание белка в нем варьировало в пределах 11,3–11,7 %. У сорта Атаман урожай зерна при дозе азота N_{45} составил в среднем 31,8 ц/га, а при дозе N_{90} 32,4 ц/га. Содержание белка в зерне этого сорта, как правило, превышало допустимый уровень независимо от дозы азота (табл. 1).

Таблица 1. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна пивоваренного ячменя (дерново-подзолистая легкосуглинистая почва)

Вариант	Урожайность (среднее за 2 года), ц/га	Содержание белка, %	
		2019 г.	2020 г.
Сорт Талер			
$N_{45}P_{80}K_{90}$	33,0	10,7	11,4
$N_{90}P_{60}K_{90}$	35,0	11,3	11,5
Сорт Атаман			
$N_{45}P_{60}K_{90}$	31,8	13,6	12,7
$N_{90}P_{60}K_{90}$	32,4	14,3	14,4
НСП 05 азот	1,2		
НСП 05 сорт	0,9		

На дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием гумуса 2,0–2,2 % при относительно благоприятных погодных условиях во время вегетации растений урожай зерна сортов пивоваренного ячменя Талер, Бровар, Сильфид и Ксанаду при внесении азота в дозе N_{60} составил в среднем за период исследований 52,1; 55,6; 53,9 и 50,0 ц/га, а N_{90} – 55,6; 58,6; 55,4 и 51,6 ц/га соответственно, т. е. увеличился на 6,8; 5,4; 2,8 и 3,2 %. В сложившихся погодных условиях прибавка урожая зерна была практически всегда не достоверна. При этом необхо-

димо отметить, что содержание белка в зерне изучаемых сортов даже при использовании азота, как правило, отвечало требованиям, предъявляемым к пивоваренному ячменю (табл. 2).

Таблица 2. Влияние азотных удобрений на урожайность пивоваренного ячменя (дерново-подзолистая супесчаная почва)

Вариант	Урожайность (среднее за 2 года), ц/га	Содержание белка, %	
		2019 г.	2020 г.
Сорт Талер			
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	52,1	8,7	11,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	55,6	8,6	11,4
Сорт Бровар			
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	55,9	10,3	11,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	58,6	9,7	12,1
Сорт Сильфид			
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	53,9	10,4	11,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	55,4	9,6	11,9
Сорт Ксанаду			
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	50,0	9,0	11,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	51,6	9,4	10,9
НСП ₀₅ азот	6,3		
НСП ₀₅ сорт	7,3		

Высокий урожай зерна с хорошими пивоваренными качествами обеспечивает сев ячменя в оптимальные сроки, т. е. при наступлении физической спелости почвы. Нарушение этих сроков приводит, как правило к его снижению и ухудшению качества зерна [5, 6]. Установлено, что в условиях центральной зоны Беларуси при севе пивоваренного ячменя через 10–30 дней после оптимального срока снижение урожайности в среднем за период исследований у сорта Бровар составило 13,0–39,2 %, а у сорта Сильфид 12,0–44,4 %. Содержание белка в зерне изучаемых сортов пивоваренного ячменя при севе через 10–30 дней после оптимального срока повысилось (в относительном выражении) у сорта Бровар: среднем на 3,8–28,3 %, а у сорта Сильфид 0,9–26,8 %. При этом необходимо отметить, что лишь при первом и втором сроках сева содержание белка в зерне изучаемых сортов не превышало базисный уровень 11,5 %.

Важнейшим фактором, определяющим уровень урожайности изучаемых сортов, являются погодные условия во время вегетации растений. Доля влияния азотных удобрений в формировании урожая зерна пивоваренного ячменя в наиболее благоприятных условиях вегетации составила 21,4 и сорта 37,0 %. В менее благоприятных условиях эти показатели были 50,8 и сорта 26,4 %. В экстремальных засушливых погодных условиях 43,8 и сорта 32,2 %. Это свидетельствует о том, что значение азотных удобрений при возделывании пивоваренного ячменя

возрастало по мере ухудшения погодных условий в период вегетации растений, в то время как значимость сорта увеличивалась по мере улучшения метеорологических факторов. Подобная закономерность отмечалась и по значимости сроков сева в формировании урожая зерна пивоваренного ячменя. Так, в благоприятных погодных условиях, доля влияния сроков сева на урожайность этой культуры составляла 63,9 %, а сорта 23,6 %. В это же время в экстремальных погодных условиях с ярко выраженным дефицитом влаги и повышенными среднесуточными температурами воздуха эти показатели были соответственно 98,8 и 0,2 %. Элементы технологии возделывания пивоваренного ячменя влияют не только на формирование урожайности, но и на показатели качества зерна. Так, доля влияния погодных условий в период вегетации на содержание белка в зерне составила 67,5 %, азотных удобрений – 6,2 % и сорта 5,6 %. Доля влияния сроков сева на содержание белка в зерне составила 63,9 %.

Оптимальный уровень азотного питания пивоваренного ячменя определяется плодородием почвы, погодными условиями и сортовыми особенностями этой культуры. Для отельных сортов (Талер, Бровар) при возделывании на почвах с невысоким содержанием гумуса целесообразно использовать азот в дозе N_{90} .

Долевое участие погодных условий в период вегетации растений в формировании урожая зерна пивоваренного ячменя в зависимости от особенностей технологии возделывания изменялось в пределах 67,2–91,2 %, а сроков сева в зависимости от складывающихся метеорологических факторов 63,9–98,8 %.

Доля влияния азотных удобрений на урожайность этой культуры в зависимости от погодных условий и особенностей технологии возделывания составляла 32,4–58,6 %, сорта 35,0–58,6 %.

По влиянию на содержание белка в зерне пивоваренного ячменя долевое участие изучаемых факторов располагается в убывающей последовательности погодные условия 67,5 %, сроки сева 63,9 %, азотные удобрения 6,2 %, сорт 5,6 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро и микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата ризобактерин на урожайность и качество пивоваренного ячменя / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, И. В. Глатанкова // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2 (53). – С. 161–170.
2. Емельяненко, Б. М. Влияние условий выращивания на продуктивность и технологические свойства пивоваренных сортов ячменя интенсивного типа в условиях лесостепной зоны Центрально-Черноземного района РСФСР: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Б. М. Емельяненко; Курская гос. с.-х. опытная станция. – Курск, 1990. – 19 с.

3. Кадыров, А. М. Возделывание пивоваренного ячменя в Беларуси / А. М. Кадыров. – Минск: УП «Орех», 2005. – 56 с.

4. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых и крупажных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; под ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск, 2012. – 288 с.

5. Сенченко, В. Г. Возделывание пивоваренного ячменя в Республике Беларусь: аналит. обзор / В. Г. Сенченко. – 2-е изд., доп. – Минск: Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2004. – 44 с.

6. Ячмень пивоваренный. Технические условия: ТУВУ 1902395017732010. Введ. 01.07.10. – Минск: Технические условия: Государственный комитет по стандартизации РБ, 2010. – 9 с.

УДК 631.82.633.15

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ КУКУРУЗЫ В БЕССМЕННЫХ ПОСЕВАХ И СЕВООБОРОТЕ НА РАЗНЫХ АГРОХИМИЧЕСКИХ ФОНАХ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ОПЫТА

А. Ф. СТУЛИН, канд. с.-х. наук,

Воронежский филиал ФГБНУ ВНИИ кукурузы,
г. Воронеж, Российская Федерация

Изучена в стационарном полевом опыте продуктивность кукурузы в бессменных посевах и десятипольном севообороте при длительном внесении удобрений. Высокая эффективность удобрений достигнута при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$, урожайность зеленой массы и зерна превышали контроль в севообороте на 33,6 и 37,7 %, в бессменных посевах на 45,7 и 47,0 %.

Ключевые слова: кукуруза, бессменный посев, севооборот, удобрения, длительное внесение, углерод.

Бессменные посевы кукурузы широко распространены в США, Канаде, странах Западной Европы, несмотря на то, что монокультуру вполне обосновано считают нарушением рациональной системы земледелия, в отношении кукурузы этот вопрос остается открытым, что связано с тем, что кукуруза по своим биологическим особенностям (C_4 -тип фотосинтеза) относится к культурам, устойчивым к возделыванию в монокультуре. Анализ результатов длительных полевых опытов на разных агрохимических фонах не позволяет сделать однозначные выводы о продуктивности кукурузы в зависимости от места ее выращивания для определенных почвенно-климатических условий [1–3].

В связи с этим актуальным является оценка влияния длительного (> 50 лет) применения агротехнических приемов (удобрения, монокультура, севооборот) на продуктивность агроценозов кукурузы и содержание углерода в профиле выщелоченного чернозема.

Исследования проводились в двух длительных полевых опытах Воронежского филиала ФГБНУ ВНИИ кукурузы с географическими координатами: 51°36,480' С.Ш. и 38°58,159' В.Д. Опыты включены в реестр Геосети, имеют аттестаты длительных опытов № 151 и 152 [4]. Десятипольный севооборот (50 % зерновых, 20 % технических и 30 % кормовых культур), развернут в пространстве тремя полями, вводимыми последовательно одной культурой, и одним полем с монокультурой кукурузы, с площадью каждого поля 1,1 га. Кукуруза в бессменном посеве возделывается с 1960 г. Это самый длительно продолжающийся опыт с монокультурой кукурузы в Российской Федерации. Минеральные удобрения вносят в севообороте и монокультуре кукурузы ежегодно осенью под вспашку в форме N_{aa} , $P_{ст}$, K_x по схеме, представленной в таблицах. Площадь делянки 269,5 м², учетная – 192,5 м². Повторность трехкратная.

Почва – чернозем выщелоченный (Chernozems Luvic Pachic), среднемошный, малогумусный, тяжелосуглинистый, на покровной карбонатной глине. На момент закладки стационарных опытов в пахотном слое почвы содержалось: гумуса 5,6 %, общего азота 0,24 %, фосфора 0,15 %, калия 2,0 %, $pH_{вод}$ 6,6 ед.; сумма поглощенных оснований 38,4 ммоль (+)/100 г почвы, степень насыщенности основаниями превышала 90 %.

Определение углерода выполнено в лаборатории почвенных циклов азота и углерода в ИФХ и БПП РАН на масс-спектрометре «MAT253» (Tehrman Fihhigah, Германия) с элементным анализатором «Euro EA» (Eurovector, Италия).

Результатирующим показателем любого агротехнического приема является их влияние на продуктивность культуры. Варьирование продуктивности кукурузы за время проведения опыта было довольно существенным, что напрямую зависело от погодных условий, в тоже время влияние исследуемых факторов оставалось достоверным. Урожайность зеленой массы на неудобренном фоне в среднем за 54 года составила 22,3 т/га с колебаниями по годам от 12,7 в 2010 г. до 31,7 т/га в 2012 г. (табл. 1).

Действие азотных, фосфорных и калийных удобрений на продуктивность кукурузы было в прямой зависимости от эффективного плодородия почвы. Не отмечено положительного влияния на продуктивность кукурузы от внесения фосфорных и калийных удобрений. Эффективность азотного удобрения в значительной степени зависела от условий вегетации. В благоприятные по увлажнению годы средняя прибавка составила 12,3 т/га (10,8–13,6 т/га), в то время как в засушливые годы всего лишь 0,9 т/га (0,2–1,8 т/га). Многолетние данные свидетельствуют о необходимости совместного внесения с азотными

фосфорных и калийных удобрений по 60 кг/га, прибавка зеленой массы при этом почти удваивается по сравнению с N₆₀. В среднем за 54 года прибавка урожайности зеленой массы кукурузы от внесения N₆₀P₆₀K₆₀ составила 10,5 т/га. Снижение дозы фосфора до 30 кг/га, равно как и увеличение ее и калия до 120 кг/га в полном удобрении, не изменяло величину урожая. При увеличении дозы азота в полном удобрении прирост зеленой массы за все годы проведения опыта равнялся 13,6 т/га, в годы с ГТК – 1,05–15,0 и с ГТК – 0,58–10 т/га.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы кукурузы в бессменных посевах при длительном внесении удобрений, т/га

Вариант	Средняя урожайность за все годы исследований (54 года)	Min-Max	Прибавка	
			т/га	%
Без удобрений	22,3	12,7–31,7	0	0
N ₆₀	28,0	13,5–38,4	5,7	25,6
P ₆₀	21,8	11,3–31,6	-0,5	-2,2
K ₆₀	23,1	11,6–33,2	0,8	3,6
N ₆₀ P ₆₀	30,4	14,4–45,9	8,1	36,3
N ₆₀ K ₆₀	29,5	15,3–42,6	7,2	32,3
P ₆₀ K ₆₀	23,9	13,3–33,8	1,6	7,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	32,8	14,8–49,8	10,5	47,1
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	31,6	15,2–47,9	9,3	41,7
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	32,1	15,3–49,0	9,8	43,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	32,4	15,5–46,0	10,1	45,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	35,9	15,6–55,6	13,6	61,0
НСР _{0,5}			2,4	

Одинаковая схема внесения удобрений и агротехника при выращивании одного и того же гибрида в севообороте и бессменных посевах позволяет в сопоставимые годы выяснить роль севооборотного фактора в продуктивности кукурузы (табл. 2).

Таблица 2. Влияние длительного внесения удобрений на продуктивность кукурузы в бессменных посевах и 10-польном севообороте (среднее за 5 ротаций), т/га

Вариант	Бессменный посев		Севооборот		Прирост за счет севооборота	
	зеленая масса	зерно	зеленая масса	зерно	зеленая масса	зерно
1	2	3	4	5	6	7
Без удобрений	22,1*	2,81*	26,2*	3,42*	4,1	0,61
N ₆₀	5,2	0,73	4,0	0,73	2,9	0,61
P ₆₀	-0,9	-0,04	0,4	0,02	5,4	0,67

1	2	3	4	5	6	7
K ₆₀	1,1	0,01	0,8	0,04	3,8	0,64
N ₆₀ P ₆₀	7,7	1,10	7,4	1,11	3,8	0,62
N ₆₀ K ₆₀	6,7	0,97	4,9	0,84	2,3	0,48
P ₆₀ K ₆₀	1,2	0,10	1,3	0,13	4,2	0,64
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,1	1,32	8,8	1,29	2,8	0,58
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	9,0	1,28	8,1	1,21	3,2	0,54
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	9,5	1,29	8,7	1,24	3,3	0,56
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	9,6	1,35	8,6	1,21	3,1	0,47
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	13,2	1,79	11,5	1,65	2,4	0,47
НСР _{0,5}	2,4	0,32	2,9	0,35		

* Урожайность на контроле без удобрений и прибавки от удобрений.

Среднегодовая урожайность зеленой массы кукурузы на неудобренном фоне за пять ротаций десятипольного севооборота составила 26,2 т/га с колебаниями по годам от 17,4 до 40,7 т/га, в бессменных посевах в сопоставимые годы с севооборотом 22,1 т/га с варьированием от 16,2 до 30,3 т/га. На этом фоне урожайность в севообороте составила в I ротации 28,4, II – 25,8, III – 20,5, IV – 31,5 и V – 25,0 т/га, что выше, чем в бессменных посевах за эти же годы в I–III ротациях на 15 %, в IV – на 24 %, в V на 25 %. Реакция кукурузы на удобрения была одинаковой и не зависела от места ее выращивания. Внесение N₆₀ повысило урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за 5 ротаций в севообороте на 4,0 т/га с колебаниями по ротациям от 2,1 т/га во второй до 5,4 т/га в четвертой ротации. В бессменных посевах прибавка была выше на 30 %, а колебания – от 4,7 т/га в третьей ротации до 6,8 т/га в четвертой. Приведенные данные указывают, что кукуруза в бессменных посевах, по сравнению с выращиванием ее в севообороте, предъявляет повышенные требования в отношении азота. Внесение N₆₀P₆₀K₆₀ повысило урожайность зеленой массы в севообороте на 34 %, в бессменных посевах – на 46 %.

Урожайность зерна кукурузы на удобренном фоне в среднем за годы исследований в севообороте составила 3,42 т/га с колебаниями по годам от 1,84 т/га в 1993 г., до 5,08 т/га в 2015 г. В бессменных посевах этот показатель был 2,81 т/га с колебаниями от 1,63 т/га в 1986 г., до 4,42 т/га в 2015 г. При внесении N₆₀P₆₀K₆₀ урожайность зерна кукурузы в севообороте в среднем за все годы исследований повысилась на 38 %, в бессменных посевах прирост был несколько большим – 47 %. Размах варьирования прибавки урожайности в этом варианте по ротациям севооборота был в пределах 0,97–1,77 т/га, в бессменных посевах 1,07–1,84 т/га.

Повышение урожайности кукурузы за счет севооборотного фактора по вариантам опыта было в пределах 2,3–5,4 т/га зеленой массы, 0,47–0,67 т/га зерна.

Содержание и запасы углерода в подземной части изучены слабее, чем в надземной части фитоценозов несмотря на то, что основные запасы этого элемента сосредоточены в органическом веществе и карбонатных новообразованиях почвы [5]. Определение содержания и запасов углерода в выщелоченном черноземе в чистом бессменном паре и бессменных посевах кукурузы на двух агрохимических фонах показало, что данная почва обладает высокой устойчивостью органического вещества (табл. 3).

Таблица 3. Содержание углерода (среднее \pm STD) в выщелоченном черноземе

Глубина, см	Исходная почва (архивный образец)	Чистый бессменный пар с 1960 г.	Бессменный посев кукурузы с 1960 г.	
			Без удобрений	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ ежегодно
Органический углерод, %				
0–20	3,19 \pm 0,05	3,12 \pm 0,12	3,37 \pm 0,25	3,42 \pm 0,22
20–40	3,12 \pm 0,10	3,04 \pm 0,10	3,16 \pm 0,30	3,21 \pm 0,30
40–60	2,22 \pm 0,07	2,19 \pm 0,51	2,21 \pm 0,43	2,47 \pm 0,53
60–80	1,54 \pm 0,10	1,58 \pm 0,28	1,50 \pm 0,34	1,55 \pm 0,48
80–100		0,96 \pm 0,51	1,02 \pm 0,47	0,96 \pm 0,38
Неорганический углерод, %				
0–20	0,021 \pm 0,002	0,018 \pm 0,005	0,013 \pm 0,004	0,011 \pm 0,005
20–40	0,012 \pm 0,001	0,015 \pm 0,004	0,012 \pm 0,004	0,013 \pm 0,003
40–60	0,020 \pm 0,003	0,012 \pm 0,002	0,012 \pm 0,005	0,012 \pm 0,003
60–80	0,030 \pm 0,006	0,636 \pm 0,017	0,017 \pm 0,017	0,043 \pm 0,114
80–100		1,683 \pm 0,060	0,109 \pm 0,338	0,159 \pm 0,307

Различия в содержании органического углерода в слое почвы 0–20 см по вариантам опыта проявились как тенденция: минимальные (3,2 %), максимальные в удобренной кукурузе (3,42 %), при содержании в исходной почве (архивные образцы почвы 1966 г.) 3,19 %. Эти различия наблюдаются по всему изучаемому профилю агрочернозема. В слое 0–80 см в вариантах: монокультура кукурузы без удобрений и с ежегодным внесением N₆₀P₆₀K₆₀ и в почве, находившейся под чистым бессменным паром с 1960 г., величины запасов органического углерода сохранились на том же уровне, что и в исходной почве – от 270 до 287 тС/га, и достоверно не различались между собой. Незначительные различия запасов почвенного органического вещества в изучаемых вариантах опыта проявились как тенденция с той же закономерностью, что и процентное содержание углерода.

Неорганический углерод в виде карбонатов отсутствовал в почве под кукурузой до глубины 80 см. В слое 80–100 см наблюдалось неравномерное распределение карбонатов: величина стандартного отклонения превосходила среднее значение неорганического углерода в почве. В отличие от почвы под кукурузой, на пару заметное количество карбонатов отмечено уже на глубине 60 см.

В агроэкологических условиях Центрального Черноземья кукуруза способна выдерживать длительное выращивание в бессменных посевах. Продуктивность кукурузы, независимо от места ее выращивания, определяли азотные удобрения, внесенные отдельно и в сочетании с фосфорными и фосфорно-калийными при ежегодной дозе 60 кг/га. Оптимальной дозой является внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$, повышающей урожайность зеленой массы и зерна в севообороте, соответственно, на 33,6 и 37,7 %, в бессменных посевах на 45,7 и 47,0 %, при урожайности на неудобренном фоне в севообороте 26,2 и 3,42 т/га, в бессменных посевах 22,1 и 2,81 т/га. Прирост урожайности зеленой массы и зерна кукурузы за счет севооборотного фактора в среднем за 5 ротаций по вариантам опыта был в пределах 2,3–5,4 т/га и 0,47–0,67 т/га.

Различия в содержании органического углерода в почве по вариантам опыта проявились как тенденция: минимальное в чистом паре, максимальное – в удобренной кукурузе. Запасы органического углерода во всех исследуемых вариантах опыта в 0–80 см слое почвы сохранились на очень высоком уровне – от 270 до 287 т/га, что свидетельствует о высокой устойчивости органического вещества данной почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Miles R. The Sanborn field experiment: implications for long-term soil organic carbon levels / R. Miles, J. Brown // *Agronomy Journal*. – 2011. – Vol. 103. – № 1. – P. 268–278.
2. Мамси́ров, Н. И. Кукуруза в севооборотах короткой ротации и рациональное применение удобрений при ее монокультуре / Н. И. Мамси́ров, Р. К. Тугуз, М. Р. Тимов // *Земледелие*. – 2014. – № 1. – С. 35–37.
3. Верховцева, Н. В. Урожайность кукурузы (ZEA MAYS L.) и микробоценоз ее ризосферы в бессменном посеве и севообороте / Н. В. Верховцева, А. А. Романычева // *Агрехимия*. – 2015. – № 9. – С. 87–101.
4. Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации. – М.: ВНИИА, 2012. – С. 12–19.
5. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В. Н. Кудеяров [и др.]. – М.: Наука, 2007. – 315 с.

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССЕЛЬХОЗНАДЗОРА: ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

С. Ф. ТЮТИКОВ, д-р биол. наук, профессор кафедры биологии и экологии

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых,
г. Владимир, Российская Федерация

Рассмотрены проблемы перехода к риск-ориентированному подходу при мониторинге сельскохозяйственной продукции Россельхознадзором. Выявлены недостатки и преимущества. Внесены предложения по оптимизации подхода, направленные на экологическую безопасность и сохранение плодородия почв.

Ключевые слова. *Россельхознадзор, тяжелые металлы, хлорорганические пестициды, экологическая безопасность, плодородие.*

Главными приоритетами любой государственной системы контроля качества пищевых продуктов являются: обеспечение населения экологически безопасной сельскохозяйственной продукцией, а также создание для иностранных поставщиков условий прозрачности и доступности внутреннего рынка. В этом аспекте деятельность отечественного Россельхознадзора ничем не отличается от работы подобных ведомств в других странах.

Современный этап развития агропромышленного комплекса и рынка его продукции в Российской Федерации характеризуется наличием взаимосвязанных проблем экологического и экономического характера. Несколько лет назад ФГБУ ВГНКИ закончена большая работа по созданию научно обоснованной отечественной системы менеджмент-контроля качества продовольствия и кормов, подобная тем зарубежным аналогам, которые в русской транслитерации принято именовать ХАССП'ом (Евросоюз), КОШРУТ'ом (Израиль) и ХАЛЯЛ'ем (Арабский мир). Ее рабочее название – «риск-ориентированный подход при пищевом мониторинге» [1].

Целями заявлены: обеспечение безопасности; минимизация рисков; повышение уровня выявляемости нарушений.

Для их достижения предполагается решить следующие задачи: разработка моделей риск-ориентированных государственных мониторингов; мониторинг эффективности контрольно-надзорных мероприятий; разработка профилей рисков по видам продукции; оценка риска импорта; оценка лабораторной деятельности; оценка деятельности Территориальных Управлений. Рассмотрим некоторые дискуссионные моменты предложенного подхода.

Так, в плане проведения мониторинга, направленного на выявление кишечных инфекций, предусмотрено сокращение числа образцов мяса, рыбы и молока в течение всего года. Это не вполне обоснованно. В теплый период года в крупных городах нашей страны и в сельской местности периодически возникают вспышки кишечных инфекций. На наш взгляд, более целесообразно в летний период проводить контрольно-надзорные мероприятия с прежней интенсивностью. В холодные сезоны года возможна экономия на количестве проводимых исследований.

Стойкие хлорорганические пестициды проявляют сезонную тенденцию к усилению своего экотоксичного воздействия в связи с трансгрессией грунтовых вод. Вследствие этого, субпродукты (печень) крупного и мелкого рогатого скота, полученные в весенний период сразу после выпаса на заливных лугах могут быть загрязнены этими опасными ксенобиотиками. Сэкономить можно, проведя мониторинг окологепаточного жира (наиболее аккумулятивная ткань) у старых (более 4 лет) животных. При отсутствии повышенных уровней пестицидов у этой группы животных можно с уверенностью констатировать благополучную ситуацию в регионе. А вот сократить финансовые траты при мониторинге рыбы и прочих морепродуктов по тяжелым металлам и радионуклидам вряд ли получится. Научно-исторические факты о болезни залива Миномата и последствиях аварий на Чернобыльской АЭС и японской Фукусиме общеизвестны.

В предлагаемом методе оценки рисков проигнорирована возможность поступления в организм человека стойких хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в результате потребления продуктов питания, полученных от диких животных. Традиционным считается высокий уровень присутствия в их организме не только тяжелых металлов и диоксинов, но также полихлорированных бифенилов и пестицидов (хлор- и фосфорорганических) [2]. Исходя из вышеизложенного, правомерно обозначить предложения по совершенствованию риск-ориентированного подхода при пищевом мониторинге.

Предложение первое.

Постепенный переход от МДУ загрязнителей в пищевых продуктах и кормах к интегральной оценке их опасности по совокупности показателей. Необходимо учитывать синергические и антагонистические связи отдельных химических элементов и веществ на организм животных и человека, а также эколого-биогеохимическую ситуацию в том регионе, где оценка опасности проводится. Например, в зоне Нечерноземья повышенные уровни селена в рыбе – благоприятны, а в аридных условиях Юга – нежелательны. Повышенное содержание ртути в морепродуктах наиболее опасно в Приморье, а в условиях богатого селеном Черноземья оно относительно безопасно.

Предложение второе.

Для некоторых опасных пестицидов (ДДТ, линдана и гептахлора, например) существуют запатентованные методики предубойной внутриорганизменной детоксикации [3]. Они сравнительно дешевы и достаточно эффективны (табл. 1).

Таблица 1. Схема скармливания стойких ХОП и аминокислот крысам

Группа животных	Добавки				
	мг на 1 л воды		мг на 1 кг комбикорма		
	Метионин	Фенилаланин	п,п'-ДДТ	Линдан	Гептахлор
I опытная	50	50	1	1	1
II опытная	–	–	1	1	1
III контрольная	–	–	–	–	–

Является целесообразным снижение затрат на мониторинг по этим показателям при проверке продукции предприятий, применяющих подобные методики.

Как видно из следующей табл. 2, через месяц выпаивания воды с введенными аминокислотами все три опасных пестицида содержались в следовых количествах не только в мышечной, но и в жировой тканях животных. Это позволяет целенаправленно проводить предубойную детоксикацию организма продуктивных животных для получения экологически безопасной мясной продукции.

Таблица 2. Результаты опыта по детоксикации ХОП в организме крыс

Группа животных/ показатель	Содержание пестицидов (мг/кг сырой ткани)					
	Жировая ткань			Мышечная ткань		
	Линдан	Эпоксид гептахлора ¹	п,п'-ДДТ	Линдан	Эпоксид гептахлора	п,п'-ДДТ
I	0,65± 0,25	3,47± 0,53	7,67± 0,54	0,033± 0,004	0,193± 0,022	Следы п,п'- ДДД, п,п'-ДДЭ
II	1,73± 0,17	6,97± 0,37	13,63± 1,46	0,13± 0,017	0,300± 0,048	Следы п,п'- ДДД, п,п'- ДДЭ ³
III	следы ²	следы	следы	следы	следы	следы
Козф. раз-й (<i>t</i> _{2,1})	3,60	2,92	3,82	5,39	2,02	–
Достоверность (P)	≤0,02	≤0,05	≤0,02	≤0,01	≤0,05	–

Примечание: 1 – Эпоксид гептахлора – нормальный метаболит гептахлора в животных организмах; 2 – Содержание пестицида менее 0,02 мг/кг; 3 – п,п'-ДДД и п,п'-ДДЭ – естественные метаболиты п,п'-ДДТ.

Предложение третье.

С агроэкологической, ветеринарной (а значит – и медицинской) точек зрения, нехватка жизненно необходимого микроэлемента в почве, кормах для сельскохозяйственных животных и продуктах питания человека ничуть не лучше присутствия тяжелого металла. Совершенно необходимо проводить оценку безопасности поднадзорной Россельхознадзору продукции по уровням жизненно важных микроэлементов. Нами уже более 15 лет назад разработан способ оценки микроэлементного статуса территорий. В случае кризисной ситуации нами предлагается комплекс мероприятий, направленных на коррекцию микроэлементного статуса агропедоценоза в зависимости от степени экологического неблагополучия [4].

При превышении уровней микроэлементов в скелетных мышцах выше МДУ эксплуатацию данного агропедоценоза необходимо прекратить из-за несоответствия продукции санитарным нормам. Применительно к задачам пищевого мониторинга Россельхознадзора, реализация подобной продукции должна быть запрещена. При пониженном уровне рассчитывают коэффициент недостатка микроэлемента в мышечной ткани: $K = N_y / F_c$, где K – коэффициент недостатка, N_y – нижний критический уровень элемента в мышечной ткани – в мг/кг сырой массы ткани, F_c – фактическое содержание элемента в мышечной ткани с.-х. животных с обследуемого агропедоценоза (в мг/кг сырой массы ткани). В зависимости от величины K производится выбор агротехнических мероприятий, направленный на поддержание плодородия и оптимального уровня микроэлементов в почвах (табл. 3).

Таблица 3. **Выбор мероприятий по коррекции МЭ статуса угодий**

Тип агропедоценоза	Значение коэффициента недостатка			
	0,5 и менее	От 0,5 до 1,5	От 1,5 до 2,0	Более 2,0
Пашня	Прекращение внесения минеральных удобрений; известкование почвы	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений	Внесение специализированных микроудобрений
Сенокос	Засев многоукосными многолетниками	Умеренная эксплуатация	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений
Пастбище	Введение режима сенокоса	Умеренная эксплуатация	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений

Это, безусловно, не входит в компетенцию Россельхознадзора. В данном случае мы уже подходим непосредственно к технологиям

органического земледелия, столь модным в настоящий момент времени. Тем не менее, хозяйствующие субъекты, чья продукция может попасть под запрет реализации, вероятно, заинтересуются готовой методикой оптимизации микроэлементного статуса своих сельскохозяйственных угодий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Создание и внедрение ориентированных подходов как полисистемного комплекса анализа рисков в деятельности Россельхознадзора» (заключительный) / Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор); ФГБУ «Всероссийский Государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ВГНКИ)». – М, 2016. – 272 с.
2. Blus, L. I. Organochlorine Pesticides // Handbook of Ecotoxicology/ eds. Hoffman D. J., Rattner B. A., Burton G. A, Cairnce J.Jr. N.Y.: Lewis Publishers, 2005, 314–329.
3. Патент РФ на изобретение № 2458524 (RU 2 458 524 C1 A23K 1/10) «Способ детоксикации хлорорганических пестицидов в организме животных» / Тютиков С. Ф., Ермаков В. В. Дата публикации: 20.08.2012 г. Бюлл. № 23.
4. Патент РФ на изобретение № 2280869 (RU 2 280 869 C1 G01N 33/50, 33/12) «Способ оценки микроэлементного статуса региона» / Тютиков С. Ф., Ермаков В. В., Проскурякова Л. В. Дата публикации: 27.07.2006 г. Бюлл. № 21.

УДК 631.81.095.337

ВЛИЯНИЕ ЙОДНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРМОВЫХ ТРАВ

П. С. ФИЛИПОВА

ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения,
г. Пушкин, Российская Федерация

В работе отражены результаты применения некорневых обработок йодистым калием кормовых трав на дерново-подзолистых почвах. Под влиянием йода увеличивалась урожайность однолетних и многолетних трав. Также были отмечены положительные изменения в показателях качества растительной продукции: повышении содержания азота и сырой золы и снижении содержания нитратов.

Ключевые слова: йодные микроудобрения, кормовые травы, дерново-подзолистые почвы, урожайность, качество.

Современное сельскохозяйственное производство Северо-Запада России, ориентированное, главным образом, на животноводство, сталкивается с проблемой качества кормов в силу низкого естественного плодородия почв и недостаточной обеспеченности микроэлементами. Одним из них является йод, дефицит которого в почвах и природных водах сказывается на качестве растениеводческой и животноводческой

продукции [1, 2]. Современные системы удобрения, используемые при возделывании кормовых трав, позволяют повысить их продуктивность с сопутствующим увеличением содержания в них йода.

Положительным эффектом йода является увеличение в кормовых культурах общего количества аминокислот, а также незаменимых аминокислот, необходимых животным [3], что также повышает биологическую ценность кормов. С целью изучения влияния йодных удобрений на урожайность и качество кормовых трав были проведены микрополевые опыты на дерново-подзолистых почвах двух уровней окультуренности – среднеокультуренной и хорошо окультуренной.

Для изучения эффективности йодных микроудобрений были выбраны однолетние и многолетние травы (1-го года хозяйственного использования), поскольку кормовые культуры наиболее часто возделываются в Северо-Западном регионе [4]. Методической базой исследования служил многолетний стационарный опыт «Агрофизический стационар», развернутый в Меньковском филиале Агрофизического НИИ в Гатчинском районе Ленинградской области. В звене овощекормового севооборота были проведены два микрополевых опыта по изучению влияния йодных микроудобрений на однолетних (вика и овес) и многолетних травах (клевер и тимофеевка) в 2019–2020 гг. Почвы различной окультуренности были созданы применением органического удобрения: 1) среднеокультуренная почва – без птичьего помета; 2) хорошо окультуренная почва – последствие 35 т/га птичьего помета. Некорневые обработки 0,02 % раствором KI производились однократно в фазы кушения, выхода овса в трубку, а также двукратная в обе эти фазы в 2019 г., и однократно в фазы стеблевания и отрастания клевера, и аналогично, двукратная в обе фазы в 2020 г. Почва опытного участка – дерново-слабоподзолистая супесчаная крупнопылеватого-мелкопесчаная на маломощном моренном суглинке, подстилаемом с глубины 112 см озерно-ледниковым песком. Площадь опытной делянки 1 м², повторность 6-кратная. Размещение вариантов и повторений систематическое. Учеты проводили в опытах сплошным весовым методом.

В ходе исследований было выявлено положительное влияние йода на урожайность кормовых трав (таблица). В опыте с однолетними травами наибольшие прибавки урожайности наблюдались при однократных обработках йодом. Обработка йодом в фазу выхода овса в трубку показала наилучшую эффективность как на среднеокультуренной, так и на хорошо окультуренной почвах. В относительном выражении однократные некорневые обработки (в фазы кушения или выхода овса в трубку) на среднеокультуренной почве давали прибавку в 35 %, а на хорошо окультуренной – в 28 % по сравнению с необрабатываемым

контролем. Двукратная обработка также повышала продуктивность трав, но в меньшей степени.

**Агрономическая эффективность системы удобрения
с использованием йода**

Фактор А	Фактор Б	Урожайность, т/га	Прибавка от окультуренности почвы		Прибавка от К1	
			т/га	%	т/га	%
2019 г. (вика + овес)						
Среднеокультуренная почва	Контроль	4,53	–	–	–	–
	Кущение	5,94	–	–	1,41	31
	Выход в трубку	6,27	–	–	1,74	38
	Кущение+ выход	5,29	–	–	0,76	17
Хорошо окультуренная почва	Контроль	7,44	2,91	64	–	–
	Кущение	9,39	3,45	58	1,95	26
	Выход в трубку	9,65	3,38	54	2,21	30
	Кущение+ выход	8,64	3,35	63	1,20	16
НСР_{0,05} (по фактору А) = 0,74						
НСР_{0,05} (по фактору Б) = 0,83						
2020 г. (клевер + тимopheвка)						
Среднеокультуренная почва	Контроль	14,57	–	–	–	–
	Отрастание	14,67	–	–	0,10	1
	Стебление	16,80	–	–	2,23	15
	Отрастание+ стебление	17,50	–	–	2,93	20
Хорошо окультуренная почва	Контроль	15,33	0,76	5	–	–
	Отрастание	19,86	5,19	36	4,52	30
	Стебление	16,50	–0,30	–2	1,17	8
	Отрастание+ стебление	17,17	–0,33	–2	1,83	12
НСР_{0,05} (по фактору А) = 0,67						
НСР_{0,05} (по фактору Б) = 0,73						

В опыте с многолетними травами также наблюдалось повышение урожайности под влиянием некорневых обработок йодистым калием. В первый год хозяйственного использования трав (клевера и тимopheвки), в силу недостаточности развития растений, урожайность была невысокой. Вдобавок, использование сорта клевера красного Орфей, отличающегося низкой отзывчивостью на применение удобрений, почти нивелировало эффект от органических удобрений. Фиксируемая урожайность многолетних трав была сопоставима на среднеокультуренной и хорошо окультуренной почвах. Таким образом, прибавки от йода превышали прибавки от последствия органических удобрений,

и влияние уровня окультуренности было минимальным при возделывании многолетних трав.

Также в этом опыте прибавки урожайности сильно варьировали. Йодные микроудобрения давали как высокие, так и низкие прибавки урожайности. В среднем по опыту прибавки составили 12 % на среднеокультуренной почве и 16 % – на хорошо окультуренной. На среднеокультуренной почве наибольшую эффективность имела двукратная обработка в фазу отрастания и стеблевания клевера, а на хорошо окультуренной – в фазу отрастания клевера.

Зависимость урожайности от вегетационной фазы, в которую производилась некорневая обработка йодом, установлена не была.

Некорневые обработки КИ не повлияли достоверно на содержание макроэлементов (N, P и K) в опыте с однолетними травами. Было отмечено повышение содержания сырой золы на 20 % в среднем от обработок йодными удобрениями. Влияние на содержание нитратов отмечено не было. При обработках в фазы кущения и кущения + стеблевания было отмечено снижение содержания нитратов.

В опыте 2020 г. йод положительно повлиял на содержание азота (повысив на 7,5 %) и сырой золы (повысив на 7 %). По результатам опыта с многолетними травами можно отметить снижение содержания нитратов в травах на 11 % под действием некорневых обработок КИ. Достоверного влияния на содержание фосфора и калия обнаружено не было.

По результатам исследования можно сделать вывод, что применение йодных микроудобрений положительно влияет на урожайность и качество кормовых трав даже в условиях однократного применения в течение вегетации сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карабаева, М. Э. Проблема йододефицита у животных / М. Э. Карабаева // Эффективное животноводство. – 2018. – № 2. – С. 28–29.
2. Субботин, С. В. Влияние качества кормов на уровень и полноценность питания коров / С. В. Субботин, Е. Е. Хоштария, Л. В. Смирнова // Молочнохозяйственный вестник. – 2011. – № 4. – С. 44–46.
3. Костин, В. И. Влияние йода на содержание аминокислот и биологическую ценность кормов в чистых и смешанных посевах кормовых культур / В. И. Костин, С. И. Вандышев, И. А. Вандышев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 2 (46). – С. 42–44.
4. Синицына, С. М. Многолетние травы Северо-Запада РФ: состояние и проблемы / С. М. Синицына // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 102–110.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА У ТОМАТА ЧЕРРИ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

А. Г. ХМАРСКИЙ, аспирант

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Представлены результаты оценки эффекта гетерозиса у гибридов F_1 томата черри по ранней и товарной урожайности. Тип наследования хозяйственно ценных признаков по ранней и товарной урожайности положительное сверхдоминирование.

Ключевые слова: гибрид, томат черри, гетерозис, селекция, функциональная мужская стерильность, защищенный грунт.

Ключевым фактором при выборе томатов потребителями является их внешний вид. Покупатели всегда оценивают плоды сначала по внешней привлекательности, отсутствию повреждений, плотности, окраске и свежести. В последние годы увеличилась популярность деликатесных и декоративных типов томата, таких как черри и коктейль [4].

Томат черри отличаются мелкими размерами плодов от 7 до 25 граммов и диаметром от 1,5 до 3 см. Употреблять свежие плоды томата черри очень полезно для здоровья. Они имеют повышенное качество плода, в них содержится большое количество сухих веществ (1,5–2 раза выше, чем у крупноплодных форм), а также полезные элементы для организма человека – железо, кальций, фосфор, натрий, кремний, хром, йод, сера, никотиновая и фолиевая кислоты, витамины группы В, Е, С, органические кислоты и др. [2].

Первые отечественные сорта томата черри были получены на кафедре – сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии и включены в государственный реестр: с 2014 г. – Черри Коралл, с 2017 – Алекша, с 2018 – Виноградная гроздь. По результатам исследований в 2017–2020 году три гибридные комбинации и два сорта переданы в Государственную инспекцию по испытанию и охране сортов растений под названием: Артемон F_1 , Базилио F_1 , Пьеро F_1 , Золотая лира и Красуня.

Цель работы – изучение эффекта гетерозиса у томата черри по хозяйственно ценным признакам в защищенном грунте.

Научно-исследовательская работа проводилась в 2021 г. в защищенном грунте на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА.

В конкурсном питомнике испытано 15 исходных линий и 56 гибридных комбинаций. В качестве материнских форм в схеме гибридизации использовались линии с функциональной мужской стерильности и маркерным признаком «картофельный лист» (ФМС + с). В качестве отцовского компонента использовались линии, отобранные по продуктивности, размеру и качеству плодов, с использованием ДНК-анализа. Растения высаживали в 3-кратной повторности по 3 растения на делянке. Схема посадки 70 x 30 см. Доза удобрений N₆₀ (P₂O₅)₁₂₀ (K₂O)₁₂₀. Агротехника общепринятая для томата защищенного грунта [5]. В качестве стандарта использовался гибрид Миноприо F₁.

Истинный гетерозис оценивали, как процент превышения значения признака у гибрида F₁ над значением лучшей родительской линии $[(F_1 - P_{лучш}) / P_{лучш}] \times 100 \%$ [2].

Степень доминирования (Hr) определяли по Дж. Л. Брюейкеру $Hr = (F_1 - Mr) / (P_{лучш} - Mr)$; где F₁ – это значение изучаемого признака у гибрида, P_{лучш} – лучший показатель у одной из исходных форм, Mr – среднее значение признака у исходных форм [1].

Оценку достоверности полученных результатов проводили методом однофакторного дисперсионного анализа.

Селекция на гетерозис основывается на оценке хозяйственно ценных признаков гибридных комбинаций совместно с исходными формами с последующим изучением проявления эффекта гетерозиса у гибридных комбинаций. Результаты проявления гетерозиса по ранней и товарной урожайности, представлены в табл. 1, 2.

Оценка ранней урожайности в условиях республики обусловлена необходимостью отбора скороспелых форм, способных давать ранний урожай для употребления в свежем виде. Анализ ранней урожайности показал, что стандарт Миноприо F₁ (1,10 кг/м²) превзошли 7 гибридных комбинаций, значения признака у которых находились в пределах 1,12 кг/м² (Линия 362 × Линия 046) 1,56 кг/м² (Линия 19/2-1 × Линия 09 и Линия 19/2-3 × Линия 049). Следует отметить, что значения ранней урожайности томата черри в виду своих биологических особенностей у большинства гибридных комбинаций не превышают 1 кг/м².

Установлено, что в 2021 г. 14 из 56 гибридных комбинаций имели отрицательное значение гетерозиса. Шесть из них с Линией 020, так как данная отцовская линия несет гены лежкости, которые задерживают созревание плодов. Остальные 42 гибрида имели положительное значение гетерозиса, который варьировался от 1,1 % (Линия 19/1-1 × Линия 031) до 320,0 % (Линия 19/8-3 × Линия 018).

Таблица 1. Истинный гетерозис у гибридов томата черри по ранней урожайности 2021 г.

Образец	Урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %	Образец	Урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %
Стандарт Миноприо F ₁	1,10	–	Линия 025	0,41	–
Линия 09	0,51	–	Линия 031	0,88	–
Линия 018	0,2	–	Линия 046	0,68	–
Линия 020	0,72	–	Линия 049	0,83	–
19/1-1 × 09	0,55	7,8	19/2-3 × 09	0,77	51,0
19/1-1 × 018	0,61	205,0	19/2-3 × 018	0,72	260,0
19/1-1 × 020	0,38	-47,2	19/2-3 × 020	0,90	25,0
19/1-1 × 025	0,91	122,0	19/2-3 × 025	0,97	136,6
19/1-1 × 031	0,89	1,1	19/2-3 × 031	0,80	-9,1
19/1-1 × 046	0,59	-13,2	19/2-3 × 046	0,68	0,0
19/1-1 × 049	1,37	65,1	19/2-3 × 049	1,56	88,0
19/1-3 × 09	0,79	54,9	19/4-3 × 09	0,19	-62,8
19/1-3 × 018	0,18	-10,0	19/4-3 × 018	0,24	20,0
19/1-3 × 020	0,41	-43,1	19/4-3 × 020	0,33	-54,2
19/1-3 × 025	0,70	70,7	19/4-3 × 025	0,93	126,8
19/1-3 × 031	0,88	0,0	19/4-3 × 031	0,79	-10,2
19/1-3 × 046	0,66	-2,9	19/4-3 × 046	0,58	-14,7
19/1-3 × 049	1,31	57,8	19/4-3 × 049	1,00	20,5
19/1-4 × 09	0,76	49,0	19/8-3 × 09	0,63	23,5
19/1-4 × 018	0,15	-25,0	19/8-3 × 018	0,84	320,0
19/1-4 × 020	0,55	-23,6	19/8-3 × 020	0,76	5,6
19/1-4 × 025	0,80	95,1	19/8-3 × 025	1,03	151,2
19/1-4 × 031	1,21	37,5	19/8-3 × 031	0,62	-29,6
19/1-4 × 046	0,68	0,0	19/8-3 × 046	0,86	26,5
19/1-4 × 049	1,00	20,5	19/8-3 × 049	0,97	16,9
19/2-1 × 09	1,56	205,9	362 × 09	0,52	2,0
19/2-1 × 018	0,89	345,0	362 × 018	0,65	225,0
19/2-1 × 020	0,53	-26,4	362 × 020	0,79	9,7
19/2-1 × 025	0,86	109,8	362 × 025	0,95	131,7
19/2-1 × 031	1,01	14,8	362 × 031	1,04	18,2
19/2-1 × 046	0,76	11,8	362 × 046	1,12	64,7
19/2-1 × 049	1,48	78,3	362 × 049	1,02	22,9
НСР ₀₅	–	–	–	0,128	–

Товарная урожайность – основной признак, определяющий хозяйственно полезную часть урожая [3]. Анализ товарной урожайности показал, что 30 из 56 изучаемых образцов имели значения выше, чем у стандарта и находились на уровне 4,83–9,48 кг/м². Максимальную товарную урожайность сформировала гибридная комбинация Линия 19/2-1 × Линия 020 (9,48 кг/м²).

Товарная урожайность томата разновидности черри в 2,5–3 раза ниже, чем у крупноплодных форм, однако, этот недостаток компенсируется спросом и более высокой ценой за плоды черри, которая в 2–3 раза выше.

Таблица 2. Истинный гетерозис у гибридов томата черри по товарной урожайности 2021 г.

Образец	Урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %	Образец	Урожайность, кг/м ²	Гетерозис, %
Стандарт Миноприо F ₁	4,80	–	Линия 025	1,83	–
Линия 09	1,85	–	Линия 031	3,67	–
Линия 018	2,09	–	Линия 046	3,32	–
Линия 020	4,11	–	Линия 049	3,91	–
19/1-1 × 09	3,27	76,8	19/2-3 × 09	3,24	75,1
19/1-1 × 018	3,71	77,5	19/2-3 × 018	4,97	137,8
19/1-1 × 020	5,15	25,3	19/2-3 × 020	6,50	58,2
19/1-1 × 025	5,19	183,6	19/2-3 × 025	6,85	274,3
19/1-1 × 031	4,18	13,9	19/2-3 × 031	4,65	26,7
19/1-1 × 046	5,48	65,1	19/2-3 × 046	6,46	94,6
19/1-1 × 049	8,40	114,8	19/2-3 × 049	7,77	98,7
19/1-3 × 09	3,16	70,8	19/4-3 × 09	1,27	–31,4
19/1-3 × 018	4,46	113,4	19/4-3 × 018	1,80	–13,9
19/1-3 × 020	7,30	77,6	19/4-3 × 020	4,26	3,7
19/1-3 × 025	5,03	174,9	19/4-3 × 025	3,60	96,7
19/1-3 × 031	5,12	39,5	19/4-3 × 031	4,09	11,4
19/1-3 × 046	4,87	46,7	19/4-3 × 046	2,33	–29,8
19/1-3 × 049	7,00	79,0	19/4-3 × 049	5,40	38,1
19/1-4 × 09	3,81	106,0	19/8-3 × 09	3,73	101,6
19/1-4 × 018	2,10	0,5	19/8-3 × 018	4,87	133,0
19/1-4 × 020	5,66	37,7	19/8-3 × 020	6,31	53,5
19/1-4 × 025	5,09	178,1	19/8-3 × 025	4,45	143,2
19/1-4 × 031	5,49	49,6	19/8-3 × 031	3,22	–12,3
19/1-4 × 046	4,71	41,9	19/8-3 × 046	6,16	85,5
19/1-4 × 049	7,05	80,3	19/8-3 × 049	6,47	65,5
19/2-1 × 09	5,30	186,5	362 × 09	2,49	34,6
19/2-1 × 018	5,11	144,5	362 × 018	3,26	56,0
19/2-1 × 020	9,48	130,7	362 × 020	4,83	17,5
19/2-1 × 025	5,94	224,6	362 × 025	4,02	119,7
19/2-1 × 031	5,00	36,2	362 × 031	4,65	26,7
19/2-1 × 046	5,89	77,4	362 × 046	4,41	32,8
19/2-1 × 049	7,12	82,1	362 × 049	6,74	72,4
НСР ₀₅	–	–	–	0,382	–

По товарной урожайности 3 комбинации с Линией 19/4-3 имели отрицательное значение гетерозиса и одна комбинация с Линией 19/8-3. Наибольший эффект гетерозиса отмечен у гибридов, в качестве отцовского компонента у которых выступали линии 025,046 и 049. Превышение лучших гибридов по товарной урожайности над лучшим родителем колебалось от 0,5 % (Линия 19/1-4 × Линия 018) до 274,3 % (Линия 19/2-3 × Линия 025).

Высокий эффект гетерозиса не гарантирует высокую урожайность гибрида, что подтверждается в наших исследованиях. Например, товарная урожайность у гибридных комбинаций – Линия 19/2-1 × Линия 020 и Линия 19/2-3 × Линия 025 находится на уровне 9,48 кг/м² и

6,85 кг/м², а эффект гетерозиса составил 130,7 % и 274,3 % соответственно.

Исходя из вышеизложенного, был проведен анализ по степени доминирования для получения более достоверной информации о характере наследования хозяйственно ценных признаков. В табл. 3 представлены данные по степени доминирования основных признаков гибридов F₁ томата черри в защищенном грунте.

Таблица 3. Степень доминирования по хозяйственно ценным признакам у гибридов томата черри за 2021 г., %

Признак	Количество, шт.	Hr < -1	Количество, шт.	-1 ≥ Hr ≤ 1	Количество, шт.	Hr > 1
Ранняя урожайность	2	3,6	13	23,2	41	73,2
Товарная урожайность	0	0	4	7,1	52	92,9

Установлено, что в наследовании изучаемых признаков в 2021 году преобладало положительное сверхдоминирование, которое по ранней урожайности составило 73,2 %, по товарной – 92,9 %.

Оценка эффекта гетерозиса позволила вывить гибридные комбинации, обладающие высокими значениями гетерозиса и хозяйственно ценных признаков: Линия 19/1-1 × Линия 049, Линия 19/2-1 × Линия 020 и Линия 19/2-3 × Линия 049. Данные линии превысили стандарт по товарной урожайности на 61,88–97,50 %.

Установлено, что высокий эффект гетерозиса не всегда соответствует высокой урожайности гибрида.

По характеру наследования хозяйственно ценных признаков выявлено сверхдоминирование как по ранней, так и по товарной урожайности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брюбейкер, Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика / Дж. Л. Брюбейкер. – М.: Колос, 1966. – 224 с.
2. Кильчевский, А. В. Взаимодействие генотипа и среды в Государственном сортоиспытании овощных культур: монография / А. В. Кильчевский, В. В. Скорина. – Горки, БГСХА, 2006. – С. 134–137.
3. Изучение хозяйственно ценных признаков томата типа черри в защищенном грунте / А. В. Кильчевский [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 71–75.
4. Наследование некоторых структурных единиц соцветия вишневидных сортов томата типа черри и коктейль / В. В. Сергеев [и др.] // Современ. тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур. – Москва, 2010; Т. 1. – С. 471–476.
5. Скорина, В. В. Овощеводство защищенного грунта: учеб. пособие / В. В. Скорина. – Горки: БГСХА, 2016. – 265 с.

ВЛИЯНИЕ В ДЛИТЕЛЬНОМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ДЕЙСТВИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ИЗУЧАЕМЫХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ПАХОТНОМ СЛОЕ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

А. С. ЦЫГУТКИН, канд. биол. наук, доцент
ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»,
г. Белгород, Российская Федерация

А. В. АЗАРОВ, мл. науч. сотрудник
Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН,
г. Белгород, Российская Федерация

В длительном полевом многофакторном опыте изучили влияние четырех факторов (севооборотов, обработки почвы, органических и минеральных удобрений) и почвы, как самодостаточной, саморазвивающейся системы, на изменения содержания гумуса в пахотном слое. Достоверное влияние на содержание гумуса в почве оказали четыре фактора: севооборот, органические и минеральные удобрения, почва.

***Ключевые слова:** почва, гумус, длительный многофакторный полевой опыт.*

Обеспеченность почвы органическим веществом – один из показателей уровня ее плодородия. Поэтому поиск технологических приемов, повышающих содержание в почве органического вещества и, в частности, гумуса, а также оценка приемов, воздействующих на процессы накопления гумуса и дегумификации почв – одно из направлений, требующих проведения исследований в различных почвенно-климатических зонах [1, 2].

Цель работы в длительном многофакторном полевом опыте, заложенном по полной факториальной схеме, провести анализ влияния изучаемых факторов, являющихся элементами технологии возделывания сельскохозяйственных культур, а также почвы, как саморазвивающейся системы, на изменения содержания гумуса в пахотном слое чернозема типичного среднесиловидного на лессовидном суглинке.

Длительный полевой опыт заложен в 1987 г. в Белгородском ФАНЦ РАН по четырехфакторной полной факториальной схеме с использованием метода расщепленных делянок. Схема эксперимента включает 81 вариант ($3 \times 3 \times 3 \times 3$), повторность – трехкратная. Опыт размещен на пяти полях, которые вводили в оборот последовательно. Площадь опытной делянки 120 м^2 ($4 \times 30 \text{ м}$). Информативность полной факториальной схемы опыта составляет 6,341 бит [3]. Для исследования из нее взяли выборку по две градации от каждого из факторов. То есть была сформирована полная факториальная схема, которую можно закодировать как $2 \times 2 \times 2 \times 2$. Дополнительно в схему был добавлен еще один фактор – почва, который имеет три градации: слой 0...10 см, 10...20 см,

20...30 см, т. е. почва стала дополнительным фактором. Ранее такое понятие использовали при трансформации повторения в фактор схемы опыта [4], но этот термин можно использовать и при введении в схему опыта других показателей, в том числе почвы, как в нашем случае.

Введение такого дополнительного фактора возможно при условии рассмотрения почвы как единой системы в конкретный период времени в качестве отдельного объекта, что необходимо для изучения взаимосвязи между ее слоями, в том числе в отношении распределения гумуса. В итоге была сформирована пятифакторная схема $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3$, информативность которой составила 5,585 бит, что меньше, чем у полной факториальной схемы опыта, служившей источником начальной информации. При этом появилась возможность получать предварительные данные о процессах, происходящих в почве, как в связи с накоплением гумуса, так и с его потерей. Таким образом, в исследовании изучали следующие факторы: севооборот – две градации (зернотравяно-пропашной – 20 % пропашных культур и зернопропашной – 40 % пропашных культур); обработка почвы – две градации (вспашка и минимальная обработка); органические удобрения – две градации (0 и 80 т/га); минеральные удобрения – две градации (0 и 180 кг/га д. в. азота, фосфора и калия); почва – три градации (слои 0–10, 10–20, 20–30 см).

Обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по алгоритму, разработанному В. Н. Перегудовым, в модификации для обработки многолетних данных А. С. Цыгуткина [5]. Для анализа изучаемых в опыте факторов проводили оценку существенности их действия и взаимодействий. Для оценки варьирования данных о содержании гумуса в почве использовали повторение во времени.

Почва опытного участка чернозем типичный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Перед закладкой опыта пахотный слой почвы характеризовался следующими показателями: содержание гумуса – 5,18–5,32 %, pH_{KCl} – 5,8–6,3, подвижного фосфора (по Чирикову) – 67–78 мг/кг почвы, обменного калия (по Масловой) – 88–112 мг/кг почвы.

Дисперсионный анализ данных позволяет разложить их общее варьирование на составные части, которые обусловлены действием и взаимодействием изучаемых в опыте факторов, и остаточным варьированием из-за ошибки опыта, вызванного пестротой плодородия почв.

Такой анализ данных позволяет исследователю выявить наиболее существенную часть вариантов опыта влияющих на изучаемый показатель, а затем перейти к менее значимым вариантам. Последовательное уточнение результатов опыта, поиск значимости существующих взаимосвязей между изучаемыми факторами позволяет избежать оши-

бок при интерпретации данных эксперимента, найти причинно-следственные связи при объяснении характеризующих процессов.

На первом этапе обработка полного набора исходных данных показала существенность различий между вариантами (табл. 1), так как фактическое значение критерия Фишера превосходило табличное ($F_{\text{факт}} 3,12 > F_{\text{табл}} 1,48$).

Таблица 1. Таблица дисперсионного анализа

Вид варьирования	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{табл}}$
Общее	143	35,001			
Повторения	2	9,642			
Варианты	47	15,447	0,328	3,116	1,48
Остаточное	94	9,915	0,105		

В многофакторном опыте важно оценить действие каждого из факторов в отдельности и во взаимодействии. Для этого на втором этапе дисперсионного анализа для оценки действия факторов, а также их взаимодействия суммируем урожаи по повторениям, а затем по факторам.

После обработки данных по методике [5] составляется сводная таблица оценки действия каждого из факторов и их взаимодействий (табл. 2). Результаты анализа данных свидетельствует о достоверном влиянии четырех из пяти изучаемых факторов: севооборот, органические и минеральные удобрения, почва. Воздействие обработки почвы на содержание гумуса статистически не доказано.

Таблица 2. Сводная таблица дисперсионного анализа

Вид варьирования	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{табл}}$
Общее	143	35,001			
Повторения	2	9,642			
Варианты	47	15,4470	0,328	3,12	1,48
В том числе главные эффекты: (С*)					
(ОП)	1	0,4568	0,4568	4,33	3,94
(ОУ)	1	0,0466	0,0466	0,44	3,94
(МУ)	1	1,2638	1,2638	11,98	3,94
(П)	1	0,9884	0,9884	9,37	3,94
(П)	2	10,4335	5,2168	49,45	3,09
взаимодействия: (СОП)	1	0,0085	0,0085	0,08	3,94

1	2	3	4	5	6
(СОУ)	1	0,3315	0,3315	3,14	3,94
(СМУ)	1	0,0258	0,0258	0,24	3,94
(СП)	2	0,0993	0,0497	0,47	3,09
(ОПОУ)	1	0,0274	0,0274	0,26	3,94
(ОПМУ)	1	0,0588	0,0588	0,56	3,94
(ОПП)	2	0,2020	0,1010	0,96	3,09
(ОУМУ)	1	0,1161	0,1161	1,10	3,94
(ОУП)	2	0,0498	0,0249	0,24	3,09
(МУП)	2	0,4347	0,2174	2,06	3,09
Остаточное	94	9,9150	0,1055		

*С – севооборот, ОП – обработка почвы, ОУ – органические удобрения, МУ – минеральные удобрения, П – почва.

Преимущество зернотравянопропашного севооборота в накоплении гумуса перед зернопропашным определили различия между ними по доле пропашных культур и наличию многолетних трав. Применение органических удобрений оказывало непосредственное влияние на повышение содержания гумуса в почве. Воздействие минеральных удобрений на величину этого показателя связано с увеличением вегетативной массы растений, которая не отчуждается с полей, а попадает в почву и под действием микрофлоры разлагается, пополняя запасы органического вещества, а затем гумуса.

Введение дополнительного фактора «почва» позволило математически доказать, что процесс накопления гумуса идет постоянно и активность микрофлоры почвы связана не только с антропогенным воздействием, в том числе применением органических и минеральных удобрений, включением в севооборот многолетних трав, а также сокращением доли пропашных культур, которые приводят к активизации процесса дегумификации, но и с тем, что почва это самодостаточная, саморазвивающаяся система, в которой и идет процесс накопления гумуса. В этой системе почвенные горизонты и слои почвы взаимосвязаны между собой, образуя единое целое. Это оригинальный подход к рассмотрению почвы в качестве фактора при статистической обработке данных, который может быть использован в дальнейшей в научной работе.

Эффект от взаимодействия двух и большего числа факторов статистически не доказан. Поэтому для целенаправленного воздействия на увеличение содержания гумуса в почве необходимо планировать применение отдельных факторов.

В результате проведенного исследования доказано достоверное влияние на величину содержания гумуса в почве четырех изучаемых

факторов: севооборот, органические и минеральные удобрения, почва. Включение почвы, разделенной на слои, в качестве дополнительного фактора позволило математически доказать, что происходящие в ней процессы влияют на содержание гумуса, о чем свидетельствует превышение фактического значения критерия Фишера над теоретическим: $F_{\text{факт}} 49,45 > F_{\text{табл}} 3,09$.

Эффект от взаимодействия факторов статистически не доказан.

Целесообразно обрабатывать данные о содержании гумуса не для каждого слоя отдельно, а путем включения почвы в качестве дополнительного фактора, с представлением ее слоев в качестве градаций этого фактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова, Т. И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. – М.: Агропромиздат, 1989. – 235 с.
2. Влияния способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в черноземе типичном / С. И. Тютюнов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 5. – С. 7–12.
3. Цыгуткин, А. С. Информативность опыта и ее оценка / А. С. Цыгуткин // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 6. – С. 45–46.
4. Цыгуткин, А. С. О возможности трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта / А. С. Цыгуткин // Агрехимия. – 2002. – № 2. – С. 77–85.
5. Цыгуткин, А. С. Методология статистической обработки многолетних данных опыта / А. С. Цыгуткин. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 27 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 4. УСТОЙЧИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Валейша Е. Ф., Котова А. Е. Агрохимический мониторинг пахотных почв ОАО «Осиновский-Агро» Чаусского района Могилевской области	3
Валейша Е. Ф., Лебедева В. В. Качественная оценка пахотных дерново-подзолистых почв ОАО «Кричеврайагропромтехснаб» Кричевского района в процессе сельскохозяйственного использования	8
Гамзатова Х. М. Химический анализ эродированных склонов горного Дагестана	10
Еряшев А. П., Кудашкина С. В., Табункова, А. А. Еряшев П. А. Влияние минеральных удобрений и гумата калия на водный и пищевой режим выщелоченного чернозема	13
Жанзаков Б. Ж., Черненко В. Г., Персикова Т. Ф., Скобликов В. Ф. Некоторые аспекты возделывания чечевицы в Акмолинской области	17
Зимин А. Н., Шабанова И. В. Влияние длительного применения удобрений на накопление микро- и ультрамикрорезлементов в черноземе выщелоченном Кубани	23
Иванов Д. А., Лисицын Я. С. Зависимость показателя экологической устойчивости фитоценоза от его возраста и ландшафтных условий	25
Кирейчева Л. В., Тимошкин А. Д., Аветисян А. Л. Система автоматизированного регулирования мелиоративного состояния почв Нечерноземной зоны России	30
Кошжанова Ф. К. Влияние условий рельефа на формирование почв и структур почвенного покрова агроландшафтов	35
Кулеш О. Г., Симанков О. В., Мезенцева Е. Г. Особенности динамики содержания подвижного калия на высоко окультуренной дерново-подзолистой почве	40
Мажайский Ю. А., Павлов А. А. Способ решения проблемы деградации залежных мелиорируемых сельскохозяйственных угодий	44
Молдован А. И., Голубкина Н. А., Харченко В. А. Чипсы из корнеплодов растений семейства сельдерейные (<i>Apicaceae</i>) в качестве функциональных продуктов питания	49
Мурзова О. В., Кудрячева Л. Ю. Качественная оценка пахотных почв ОАО «Александрийское» Шкловского района в процессе их сельскохозяйственного использования	52
Мыслыва Т. Н., Левшук О. Н. Моделирование пространственного распределения загрязнения тяжелыми металлами урбаноземов г. Горки	55
Папсуев А. В., Миренков Ю. А. Распространенность сорных растений в посевах кукурузы в северо-восточной части Республики Беларусь	59
Романов И. А. Особенности орошения сельскохозяйственных культур при неоднородных почвенных условиях	62
Петренко А. В. Оценка коллекционного материала укропа пахучего (<i>Anethum graveolens</i> L.) по комплексу селекционно-ценных признаков	66
Петренко В. И., Петренко А. В., Ломоносова А. Н. Сравнительная характеристика качества газонов из многолетних злаковых трав	68
Ручкина К. В., Мерзляков О. Э. Методика определения микропластика в агропочвах таежно-лесной и степной зоны Западной Сибири	72
Садомов Н. А., Шамсуддин Л. А. Влияние качества воды для поения на здоровье животных	76

Тронина Л. О., Пегова Н. И. Влияние системы обработки дерново-подзолистой почвы на ее агрофизические свойства в зернопаротравяном севообороте	79
Филиппова А. В., Артамонова О. Н., Рыженко Ю. В. Влияние кулисных паров на почвенную влажность в засушливых условиях Оренбургской области	83
Черникова О. В., Мажайский Ю. А. Эффективность компоста многоцелевого назначения на серой лесной почве по восстановлению плодородия	86
Царёва М. В. Динамика агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава при использовании куриного помета и навоза КРС	91
Шелюто Б. В., Рашкевич А. Л., Пастухова М. А. Влияние силфины пронзеннолистной на водно-физические свойства почв	98

Секция 5. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Балабо П. Н., Прохоров И. С., Огородников С. С., Сорокин А. Е. Роль почвоведения в подготовке кадров аэрокосмической отрасли	102
Бахматова К. А., Шешукова А. А. Методики оценки качества почв под декоративными насаждениями и возможность их использования в научно-исследовательских работах студентов	106
Гамураг М. С. Гумусовое состояние почв Молдовы в условиях процессов деградации	109
Гилев А. М. Влияние биоугля на содержание в агропочвах некоторых подвижных форм тяжелых металлов (Ni, Cu, Cd) при внесении удобрений	111
Колядин А. Н. Зависимость активности полифенолоксидаз и пероксидаз в черноземе выщелоченном от возраста полезатитных полос	116
Камедько Т. Н., Цирульник Д. С., Камыш В. В. Направления научной деятельности кафедры плодоовощеводства УО БГСХА	119
Лыгановская В. Д., Привизенцева Д. А. Биологическая активность постпиригенных почв запovedника «Утриш»	123
Матвеева Е. Ю. Изучение биологической активности почв на учебной практике	126
Мохова Е. В., Поддубная О. В. Химический эксперимент в основе организации исследовательской деятельности студентов	129
Поддубная О. В. Проблемно-поисковый метод обучения в научно-исследовательской деятельности студентов	132
Ступень Н. С., Коваленко В. В. Роль интеграции учебной и научной деятельности студентов биолого-химического профиля в формировании научно-исследовательской компетенции	135
Тимофеева Е. А., Деревенец Е. Н. Деятельность студенческого научного общества факультета почвоведения МГУ имени М. В. Ломоносова	139
Фомина Н. В. Роль исследовательской и проектной деятельности в обучении студентов	144

Секция 6. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ, ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Белявский Ю. А. Продуктивность культур в зависимости от систематического применения удобрений в кормовом севообороте	149
Блохина Е. А. Применение макро- и микроудобрений как способ повышения урожайности и качества зеленой массы промежуточных посевов сорго сахарного в условиях дерново-подзолистой почвы северо-востока Беларуси	152

Босак В. Н., Сачивко Т. В., Акулич М. П., Улахович Н. В. Новые виды агромелиорантов и перспективы их применения в сельском хозяйстве	156
Бутыйкин В. В., Горюнова И. И. Влияние антропогенных факторов на фосфатный режим дерново-подзолистых почв	159
Володина Т. И., Шлапакова М. В., Городушенкова В. Н., Ершова Е. С. Агроэкологическая оценка влияния различных систем удобрения на продуктивность и качество сельскохозяйственных культур в условиях Псковской области	162
Вьюник А. В., Порсев И. Н., Дуничева С. Г. Роль минеральных удобрений в повышении урожайности сортов гороха посевного в Южном Зауралье	167
Губина Л. В., Плескачев Н. Ю. Влияние технологий возделывания на продуктивность сортов озимой тритикале	172
Даваев А. В., Гольдварг Б. А., Козырчук В. И. Эффективность жидких удобрений при производстве озимой мягкой пшеницы сорта «Хасыр» в центральной зоне Республики Калмыкия	176
Дудкина Т. А. Целлюлозоразрушающая способность почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы в севооборотах с разными видами пара и в зависимости от удобрений	181
Ионас Е. Л., Ковалева И. В. Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность, фракционный состав и товарность клубней картофеля сорта Волаг	185
Каторгин Д. И. Влияние минеральных и органических удобрений при разных способах основной обработки почвы на урожай ярового ячменя	188
Киселева К. Ю., Кузин Е. Н. Влияние элементов биологического земледелия на структурное состояние лугово-черноземной почвы	191
Ковальский К. Ю., Арефьев А. Н. Последствие диатомита и его сочетаний с птичьим пометом на эффективность использования влаги агроценозом однолетних трав	196
Королев П. С., Госсе Д. Д. Изучение влияния интенсивного применения новых комплексных удобрений на фотосинтетическую активность газонных трав	200
Кузин Е. Н., Киселева К. Ю. Влияние приемов биологического земледелия на формирование запаса продуктивной влаги в лугово-черноземной почве и эффективность ее использования агроценозом яровой пшеницы	205
Кузина Е. Е. Изменение общих физических свойств почвы в агроценозе яровой пшеницы под влиянием агробиологических приемов	209
Кулешова А. А. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы	213
Логвинов И. В. Урожай озимой пшеницы в зависимости от элементов технологии ее возделывания	218
Маградзе Е. И. Применение удобрений на основе молочной сыворотки в открытом грунте	223
Максименко В. П., Меньшикова С. А. Применение искусственных агромелиорантов для сохранения почвенного плодородия	226
Максимова С. Л., Червако К. А. Применение органических удобрений в сельском хозяйстве	231
Мачок Т. В., Кирдун Т. М. Влияние соломы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы при разных способах обработки дерново-подзолистой супесчаной почвы	239
Навольнева Е. В. Влияние агротехнических приемов и показателей плодородия почвы на урожай озимой пшеницы	244
Надточий П. П. Влияние длительного систематического применения удобрений на агроэкологическое состояние дерново-подзолистой почвы и продуктивность культуры севооборота	248

Николаев В. А., Щигрова Л. И. Влияние технологий возделывания на обеспеченность элементами питания и урожайность ячменя	253
Окорков В. В., Щукин Н. Н. Влияние куриного помета на плодородие дерново-подзолистой почвы и урожайность яровых зерновых культур	256
Персикова Т. Ф., Калинин М. С. Влияние органического удобрения (термически обработанный куриный помет) на урожайность и качество зеленных культур	269
Поддубный О. А., Поддубная О. В. Некорневые подкормки картофеля – элемент эффективной технологии возделывания	275
Пойменов А. С. Влияние минеральных и органических удобрений на урожай кукурузы на силос	279
Пшеничная Е. А. Интенсивная технология возделывания льна в условиях Северного Казахстана	283
Ратников А. Н., Санжарова Н. И., Свириденко Д. Г., Суслов А. А., Иванкин Н. Г., Петров К. В., Баланова О. Ю. Влияние органо-минерального комплекса Гумитон на продуктивность картофеля и накопления ¹³⁷ Cs в урожае при радиоактивном загрязнении почв Брянской области	286
Ратошнюк В. И., Ратошнюк В. В. Продуктивность лопина узколистного в зависимости от норм внесения минеральных удобрений в условиях Житомирского Полесья	290
Середин Т. М., Жаркова С. В., Молчанова А. В., Шумилина В. В. Влияние биопрепаратов на основные биохимические показатели листьев лука-шалота (<i>Allium ascalonicum L.</i>)	295
Сидорова Н. В., Плотникова Т. В., Егорова Е. В. Роль органоминеральных удобрений в восстановлении агрохимических и биологических свойств питательного субстрата в защищенном грунте при выращивании табачной рассады	298
Станкевич С. И., Петренко В. И., Петренко А. В. Стимулирование кущения овсяницы луговой под влиянием азотных удобрений	302
Степьмах К. Н., Арефьев А. Н. Последствие мелиоративных норм осадков городских сточных вод и их сочетаний с цеолитсодержащей агрорудой на запас продуктивной влаги в лугово-черноземной почве и водопотребление растений	305
Стрелкова Е. В. Получение высокого урожая зерна пивоваренного ячменя с хорошими пивоваренными качествами в условиях Минской области Республики Беларусь в зависимости от срока сева культуры	309
Стулин А. Ф. Оценка продуктивности кукурузы в бессменных посевах и севообороте на разных агрохимических фонах в условиях длительного опыта	314
Тютиков С. Ф. Риск-ориентированный подход в деятельности Россельхознадзора: проблемы экологической безопасности и сохранения плодородия почв	320
Филиппова П. С. Влияние йодных микроудобрений на продуктивность и качество кормовых трав	324
Хмарский А. Г. Оценка эффекта гетерозиса у томата черри по хозяйственно ценным признакам в защищенном грунте	328
Цыгуткин А. С., Азаров А. В. Влияние в длительном полевом опыте действия и взаимодействий изучаемых факторов на содержание гумуса в пахотном слое чернозема типичного	333

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Сборник статей
по материалам Международной научно-практической
конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии

Горки, 6–8 декабря 2021 г.

В двух частях

Часть 2

Редактор *Е. П. Савиц*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Компьютерный набор и верстка *Т. В. Серяковой, Н. А. Подлипской*

Подписано в печать 18.05.2022. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 19,99. Уч.-изд. л. 19,21.
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 УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.