

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»

АГРОХИМИЯ И СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства в качестве
учебно-методического пособия для студентов учреждений,
обеспечивающих получение высшего образования I ступени
по специальности 1-74 02 05 Агрехимия и почвоведение*

Горки
БГСХА
2023

УДК 63:54(075.8)
ББК 40.4я73
А26

Рекомендовано
методической комиссией агротехнологического факультета
26.12.2022 (протокол № 4)
и Научно-методическим советом БГСХА 28.12.2022 (протокол № 4)

Авторы:

доктора сельскохозяйственных наук, профессора *И. Р. Вильдфлуш*,
В. Б. Воробьев, *В. В. Лапа*, *Т. Ф. Персикова*;
кандидаты сельскохозяйственных наук, доценты *О. И. Мишура*,
Э. М. Батыршаев, *Ю. В. Коготько*, *С. Ф. Шекунова*;
старший преподаватель *М. Л. Радкевич*;
кандидаты сельскохозяйственных наук *Н. В. Барбасов*, *К. А. Гурбан*

Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук,
профессора *И. Р. Вильдфлуша*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Г. В. Седукова*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *С. М. Мижу́й*

Агрохимия и система применения удобрений : учебно-
А26 методическое пособие / *И. Р. Вильдфлуш* [и др.]; под ред.
И. Р. Вильдфлуша. – Горки : БГСХА, 2023. – 328 с.
ISBN 978-985-882-429-7.

Изложены вопросы химической мелиорации почв, состав и применение минеральных, органических и бактериальных удобрений, система удобрения сельскохозяйственных культур, методика расчета экономической и энергетической эффективности удобрений. Рассмотрены методики разработки курсовой и дипломной работ по системе применения удобрений сельскохозяйственных культур.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение.

УДК 63:54(075.8)
ББК 40.4я73

ISBN 978-985-882-429-7

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2023

ВВЕДЕНИЕ

Научно обоснованная система применения удобрений является одним из основных факторов увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, улучшения качества продукции и сохранения (или увеличения) почвенного плодородия. Прирост урожая от использования оптимальных доз удобрений и средств химизации составляет 50 % и более. На орошаемых землях долевое участие орошения в формировании урожая составляет 40–50 %, удобрений – 30–40 %, причем общая урожайность повышается почти в три раза.

Наиболее высокая эффективность от применения удобрений достигается при внесении их в соответствии с биологическими требованиями растений с учетом обеспеченности почв элементами питания и охраны окружающей среды.

Основной особенностью и принципиальной сущностью нынешнего этапа сельскохозяйственного производства является необходимость наращивания сельскохозяйственного производства в условиях снижения потребления энергоресурсов. Необходимо более широкое использование биологического азота за счет расширения посевов бобовых культур, а для зерновых и других небобовых культур – бактериальных удобрений на основе ассоциативных азотфиксаторов. Снизить потребность в фосфорных удобрениях позволяет применение фосфатмобилизующих биопрепаратов, под влиянием которых труднорастворимые соединения фосфора переходят в доступные для растений формы. Учитывая экологическую ситуацию и мировой опыт, развитие отрасли земледелия и растениеводства в республике должно базироваться на стратегии адаптивной интенсификации, характеризующейся биологизацией и экологизацией интенсификационных процессов.

Энергосбережение при повышении плодородия почв предусмотрено концепцией регулирования баланса питательных элементов в земледелии. Предполагается расширенный возврат органического вещества, макро- и микроэлементов только на тех полях, где содержание соответствующих веществ ниже оптимального уровня и вероятно высокая окупаемость затрат прибавкой урожая с минимальным риском загрязнения окружающей среды. На всей остальной площади сельскохозяйственных угодий предусматривается бездефицитный баланс гумуса и питательных элементов. Применение 12 т органических удобрений на 1 га пашни и минеральных удобрений на уровне около

300 кг д. в. NPK является одним из условий продовольственной безопасности в Беларуси и производства конкурентоспособной продукции на внешнем рынке.

Практика и передовой опыт показали, что эффективность внесения удобрений в севообороте возрастает на 15–20 %. Известкование кислых почв уже в первый год повышает отдачу от удобрений.

Система применения удобрений в севообороте чаще всего рассматривается как план применения органических и минеральных удобрений, в котором предусматриваются их виды, формы, дозы, сроки внесения и способы заделки под отдельные культуры в зависимости от почвенно-климатических и других условий. План применения удобрений составляется с учетом биологических особенностей культур, величины планируемого урожая, почвенно-климатических условий, последствия удобрения, агрохимических свойств каждого поля или отдельно удобряемого участка, баланса питательных веществ за севооборот, влияния удобрений на качество урожая, сохранения и расширенного воспроизводства плодородия почв.

Агроэкологическая эффективность удобрений определяется главным образом культурой земледелия. В хозяйствах, где уровень агротехники низок, наиболее высока вероятность проявления негативных экологических последствий химизации, а окупаемость удобрений урожаем резко снижается.

В системе подготовки в вузах специалистов агрономических специальностей большое внимание уделяется изучению систем удобрения. Для этого широко используется выполнение курсовых и дипломных работ по теме «Система применения удобрений».

1. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Цели и задачи. Целью курсовой работы является овладение методикой разработки системы применения удобрений в хозяйствах. Для этого нужно знать почвенные условия, особенности питания сельскохозяйственных культур (сортов), свойства удобрений, содержание в них действующего вещества, их превращение в почве, приемы и способы внесения удобрений при прогрессивных технологиях возделывания культур, основные машины и орудия по подготовке и внесению удобрений в почву.

Правильно разработанная система применения удобрений должна обеспечить решение следующих задач:

- 1) получение плановых урожаев всех сельскохозяйственных культур при хорошем качестве продукции;
- 2) улучшение и постепенное выравнивание эффективного плодородия почв;
- 3) повышение эффективности использования удобрений и производительности труда в земледелии;
- 4) предотвращение загрязнения окружающей среды средствами химизации.

Порядок разработки. Разработку курсовой работы по системе применения удобрений целесообразно производить в следующей последовательности:

1. Получить в хозяйстве или взять из выдаваемого задания на выполнение курсовой работы необходимую исходную информацию, а именно:

- размеры площадей пашни в севооборотах (полевых, кормовых, овощных), под культурами вне севооборота (кукуруза, люцерна, сады), под лугопастбищными угодьями (культурные и естественные сенокосы и пастбища), под торфяниками, пригодными для заготовки торфа на удобрение;
- чередование культур в севооборотах;
- название почв по полям севооборотов на пашне и других угодьях, их агрохимическую характеристику – содержание в почве гумуса (%), подвижных форм фосфора, калия, микроэлементов (мг/кг почвы), значение pH_{KCl} ;
- балльную оценку почв пашни и лугопастбищных угодий;
- поголовье скота в хозяйстве по видам скота и возрастным группам;

- планируемые уровни урожая сельскохозяйственных культур на перспективу (при их отсутствии разрабатывает сам студент).

2. Разработать планы потребности хозяйства в органических удобрениях, их накопление и размещение между объектами использования.

3. Разработать многолетние планы применения удобрений в севооборотах на пашне и для других угодий, где определить дозы, сроки и способы внесения органических и минеральных удобрений, включая и микроудобрения.

4. Рассчитать баланс азота, фосфора, калия и гумуса в почве в севообороте (по хозяйству) и по их показателям оценить разработанную систему применения удобрений. При необходимости внести коррективы в систему удобрения.

5. Составить многолетний план известкования почвы в севооборотах на пашне и других угодьях с обоснованием доз внесения, выбора формы известкового удобрения, сроков внесения и способов заделки в почву.

6. Рассчитать баланс кальция, магния и серы в севообороте и дать ему оценку.

7. Для культур севооборота на пашне и других угодий обосновать и дать описание приемам, срокам и способам внесения удобрений с указанием вида, формы, физической массы удобрения, а также марки машины и орудия.

8. Произвести расчет биоэнергетической и плановой экономической эффективности применения удобрений в севообороте по каждой культуре и в целом по севообороту.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ДИПЛОМНЫХ РАБОТ ПО АГРОХИМИИ И СИСТЕМЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В настоящее время при подготовке агрохимиков и агрономов большое внимание уделяется изучению систем удобрения. Для этого наряду с выполнением курсовых работ широко используется написание дипломных работ.

Дипломная работа является завершающим этапом в подготовке специалистов сельского хозяйства. К ее выполнению следует относиться очень серьезно, вдумчиво, так как при работе над ней от студента требуется значительная осведомленность по исследуемому узкому вопросу, способность и умение самостоятельно ставить и экспериментально решать задачи, необходимые науке и сельскохозяйственному производству.

Автор дипломной работы должен глубоко изучить литературу и полученные результаты по разрабатываемой теме.

Исследования по системе удобрения сельскохозяйственных культур необходимо проводить на почвах, которые являются типичными для того или иного района по гранулометрическому составу, уровню плодородия с сортами сельскохозяйственных культур, включенными в Государственный реестр, или перспективными.

Дипломная работа должна быть актуальной, отвечающей запросам сельскохозяйственного производства, чтобы результаты исследований могли быть в той или иной степени рекомендованы хозяйствам для внедрения. Результаты дипломной работы должны быть достоверными, поэтому опыты необходимо проводить с повторениями, они должны быть проведены в строгом соответствии с методикой опытного дела, полученные экспериментальные данные подвергнуты статистической обработке.

В дипломной работе наряду со специальными вопросами должны разрабатываться вопросы по охране труда и соблюдению техники безопасности при работе с удобрениями, а также меры по предотвращению загрязнения окружающей среды. Для этого в дипломной работе должны быть соответствующие разделы.

Тематика дипломных работ может быть разнообразной. При выборе тем дипломных работ надо стремиться, чтобы они были актуальными и соответствовали современному состоянию науки и техники, способствовали закреплению и расширению знаний по специальности, помогали применению знаний изученных дисциплин для решения конкретных производственных задач и определяли подготовленность студентов для самостоятельной работы. Желательно, чтобы тематика дипломных работ вытекала из тех научных проблем, над которыми работает кафедра.

Все разнообразие тематики работ по системе удобрения можно разделить на несколько групп.

2.1. Действие различных доз удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур

При исследовании доз различных видов удобрений очень важным является выбор фона, позволяющего обеспечивать растения элементом, дозы которого изучаются в качестве лимитирующего фактора. Интервалы в дозах должны быть такими, чтобы разница в урожаях значительно превосходила ошибку опыта. Схема опыта

должна дать возможность выбрать оптимальную для конкретных условий дозу удобрений. Дозы удобрений для сельскохозяйственных культур должны быть экономически обоснованными. Поэтому необходимо рассчитать экономическую эффективность применения удобрений по вариантам опыта.

2.2. Действие различных форм удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур

Очень важным разделом в разработке системы удобрения является изучение действия различных форм удобрений на урожайность и его качество. Прежде всего необходимо уделить внимание изучению новых форм удобрений. В настоящее время разрабатываются новые формы азотных удобрений пролонгированного действия, интерес представляет также изучение новых форм фосфорсодержащих, калийных микроудобрений.

Перед химической промышленностью поставлена задача – увеличить в структуре производимых минеральных удобрений долю комплексных. Разработаны и разрабатываются комплексные удобрения для различных сельскохозяйственных культур (яровых зерновых, льна, сахарной свеклы и др.). Планируется, что наряду с главными элементами питания такие удобрения будут наполняться микроэлементами, а также и другими элементами питания, необходимыми для тех или иных культур.

При испытании новых форм удобрений очень часто наряду с фоном требуется иметь в качестве контрольного вариант со стандартным, хорошо изученным удобрением.

В последнее время разработаны микроудобрения на основе комплексонатов, в которых микроэлементы находятся в более активной, доступной для растений форме. Созданы также комплексные микроудобрения, содержащие 3–4 и более микроэлементов. Следует разработать рациональные способы применения новых форм микроудобрений под сельскохозяйственные культуры (некорневая подкормка, обработка семян и т. д.).

2.3. Оценка различных видов органических удобрений

Интерес представляет сравнительное изучение влияния подстилочного и бесподстилочного навоза на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. В связи с уменьшением поголовья скота и использования торфа для приготовления торфонавозных компостов шире должна использоваться солома.

В республике можно ежегодно применять до 9,7 млн. т условного навоза за счет запашки соломы. Ее можно использовать на подстилку, вносить с жидким навозом, применять в чистом виде, готовить компосты. Необходимо разработать рациональные приемы использования соломы на удобрение. В чистом виде в первую очередь должна быть использована солома рапса и других крестоцветных культур, гречихи, кукурузы, люпина, кормовых бобовых, сои, которые не используются на корм скоту и на подстилку.

Большой интерес представляет также изучение эффективности птичьего помета, компостов на его основе, способов использования самого дешевого – зеленого удобрения.

При изучении видов органических удобрений в схеме следует иметь для сравнения варианты со стандартным, хорошо изученным органическим удобрением, – подстилочным навозом.

2.4. Исследования эффективности diaзотрофных, фосфат- и калиймобилизующих биопрепаратов

В последнее время в Беларуси в связи с увеличением цен на минеральные удобрения применение их существенно снизилось. Уменьшить потребность в дорогостоящих минеральных удобрениях позволяет использование дешевых биопрепаратов.

Поэтому большой интерес представляет изучение эффективности новых биопрепаратов при возделывании сельскохозяйственных культур.

2.5. Комплексное применение удобрений и средств защиты растений

Совместное применение удобрений и средств защиты растений позволяет существенно снизить затраты на внесение средств химизации. Большие возможности в этом направлении представляет использование жидкого азотного удобрения – КАС (карбамида-аммиачной се-

литры). При использовании баковых смесей КАС с гербицидами может наблюдаться усиление действия гербицидов и представляется возможность снижать дозы последних без снижения их эффективности при возделывании зерновых культур. Поэтому большой интерес представляет исследование совместного применения КАС с другими средствами защиты растений при возделывании зерновых культур: фунгицидов, регуляторов роста, инсектицидов.

Интерес также представляет совмещение операций при применении инсектицидов с микроудобрениями при возделывании рапса и других сельскохозяйственных культур.

2.6. Исследование различных систем применения удобрений в севооборотах

Изучение особенностей применения удобрений в севооборотах позволяет не только выработать критерии для оценки их действия и последствий на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, но и выявить наиболее эффективные способы их внесения, установить роль длительного использования органических и минеральных удобрений в формировании свойств почвы.

Опыты по изучению систем удобрения, направленных на определение закономерностей действия систематически вносимых удобрений на урожайность, качество сельскохозяйственных культур и плодородие почвы, следует готовить тщательно, так как они продолжаются одну или более ротаций севооборота.

Темы дипломных работ здесь могут быть самые разнообразные, поэтому студент с преподавателем выбирают реальные для работы вопросы.

2.7. Разработка системы удобрения в хозяйстве

Наряду с вышеперечисленной тематикой дипломных работ студент, находясь на производственной практике, может собрать данные для детальной разработки системы удобрения для целого хозяйства или крупного отделения. Если в хозяйстве уже разработана и применяется система удобрения, студент может дать ей глубокий и всесторонний анализ с освещением положительных и отрицательных сторон и предложить пути к совершенствованию и улучшению.

Для разработки системы удобрения в хозяйстве студент во время прохождения производственной практики должен собрать следующие данные:

1. Агрохимическая характеристика почв за последние два тура агрохимобследования: типы почв, гранулометрический состав, содержание гумуса, P_2O_5 и K_2O , микроэлементов, обменная кислотность (pH_{KCL}) по полям севооборотов, другим угодьям и средневзвешенные значения по хозяйству.

2. Севообороты в хозяйстве – чередование культур.

3. Посевные площади и урожайность по культурам за последние 3 года.

4. План развития животноводства, его выполнение – поголовье по видам скота на 01/01 года, предшествующего разработке системы удобрений.

5. Фактический выход навоза и других органических удобрений в хозяйстве за последние три года. Насыщенность органических удобрений в расчете на 1 га пашни, 1 га земель сельскохозяйственного пользования.

6. Уровень применения минеральных удобрений за последние три года: азотные, калийные и фосфорные в д. в. всего и в расчете на 1 га пашни, 1 га земель сельскохозяйственного пользования. Общее количество применяемых минеральных удобрений в физической массе по видам.

7. Фактическое состояние применения органических удобрений под возделываемые культуры в хозяйстве за последний год перед разработкой системы удобрений.

8. Задания по производству растениеводческой продукции, плановые показатели по уровню урожая сельскохозяйственных культур.

9. Наличие машин, их марки и качество для внесения удобрений.

10. Объемы работ по агрохимическому обслуживанию, выполняемые районным объединением «Агросервис» и силами хозяйства – перечислить виды работ.

При разработке системы удобрения в хозяйстве необходимо отразить в дипломной работе следующие разделы.

В обзоре литературы следует остановиться на факторах эффективности удобрений. В дипломной работе должно быть описано экономическое состояние хозяйства, дан анализ его местонахождения, направление, приведена урожайность сельскохозяйственных культур за 3 года, данные по рентабельности, даны схемы принятых севооборотов, сведения о наличии складов удобрений.

Необходимо дать характеристику метеорологических условий хозяйства, его почвенного покрова, состояния окультуренности, привести агрохимические показатели почвы по полям севооборотов. Нужно подробно проанализировать данные по обеспеченности почвы гумусом, подвижными формами фосфора и калия, микроэлементами, наличию кислых почв, нуждающихся в известковании.

Следует рассчитать дозы органических и минеральных удобрений под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур с учетом агрохимических показателей почв, используя рекомендации. Для расчета доз удобрений можно воспользоваться программами, разработанными для персональных компьютеров. Систему удобрения разрабатывают по каждому конкретному полю для всех выращиваемых в хозяйстве сельскохозяйственных культур.

Все данные по дозам органических и минеральных удобрений нужно сгруппировать в таблицы и определить насыщенность 1 га пашни или других угодий.

Очень важным моментом при разработке системы удобрения является составление плана применения удобрений для севооборотов, сенокосов и пастбищ, а также других угодий, имеющихся в хозяйстве. Необходимо дать описание и обоснование приемов удобрения под сельскохозяйственные культуры с указанием доз макро- и микроудобрений в физической массе конкретных туков, машин для их внесения, способ заделки удобрений.

Для обеспечения высокой эффективности минеральных и органических удобрений необходимо составить план известкования кислых почв для севооборотов, сенокосов и пастбищ, а также других угодий.

Для оценки разработанной системы удобрения для севооборотов рассчитывается баланс питательных элементов и гумуса. В случае необходимости при неудовлетворительном балансе проводится корректировка доз удобрений в сторону увеличения или снижения, а при недостатке органических удобрений разрабатываются мероприятия по их увеличению. Завершается дипломная работа расчетом экономической и энергетической эффективности разработанной системы удобрения сельскохозяйственных культур. Система удобрения должна быть экономически оправданной.

Необходимо рассчитать общую потребность хозяйства в минеральных удобрениях по видам, формам, а также срокам их поступления в хозяйство.

Если есть возможность, то перед защитой работы надо познакомить со своими предложениями руководство хозяйства и специалистов.

В настоящее время большое внимание уделяется комплексному применению средств химизации. Поэтому студенты могут выполнять дипломную работу по теме «Система применения удобрений при возделывании озимой пшеницы по интенсивной технологии». Аналогичная тема может быть и при возделывании других культур.

2.8. Система применения удобрений при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур

Такая система удобрения рассчитывается для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. При этом ведущую роль отводят комплексному применению удобрений, гербицидов, фунгицидов, регуляторов роста стимулирующего действия, микроудобрений. Большое значение при этом отводится дробному применению азотных удобрений при возделывании зерновых и других сельскохозяйственных культур на основе почвенно-растительной диагностики, интегрированной защите сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней. При этом должное внимание должно быть уделено совмещению операций по внекорневым подкормкам зерновых культур жидким азотным удобрением КАС с внесением гербицидов, фунгицидов, микроудобрений, регуляторов роста стимулирующего действия, а также использованию баковых смесей фунгицидов с регуляторами роста, микроудобрениями, другими изученными и допустимыми комбинациями по совместному применению средств химизации. Совмещение операций по внесению удобрений и средств защиты растений зерновых и других сельскохозяйственных культур позволяет снизить затраты на их внесение, а в отдельных случаях снизить дозы средств защиты растений в результате усиления их действия при совместном внесении с жидким азотным удобрением КАС.

Выполнение дипломных работ по такой тематике можно осуществлять по экспериментальному пути, т. е. при постановке полевых опытов, либо путем анализа комплексного применения средств химизации в хозяйстве.

Главной задачей при выполнении дипломной работы будет выявление действия комплексного применения удобрений и средств защиты растений в повышении урожайности, улучшении качества

продукции в сравнении с аналогичными показателями, полученными при возделывании культур по обычной технологии.

Примерный план при выполнении дипломной работы по данным экспериментальных исследований состоит из следующих разделов:

Введение.

Глава I. Обзор литературы по теме дипломной работы.

Глава II. Условия и методика проведения исследований.

Глава III. Результаты исследований и их обсуждение.

Глава IV. Экономическое и энергетическое обоснование результатов исследований.

Глава V. Охрана труда при работе с удобрениями.

Глава VI. Охрана окружающей среды и получение экологически чистой продукции.

Выводы и предложения производству.

Литература (список).

Приложения.

Во введении необходимо показать значимость изучаемого вопроса для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, состояние его изученности и использования в сельском хозяйстве, определить основные цели и задачи дипломной работы.

В главе «Обзор литературы» необходимо показать изученность исследуемого вопроса; какие его стороны к настоящему времени уже известны, где они выполнены, когда и кем. Надо критически осмыслить имеющиеся результаты исследований, указать, что еще недостаточно изучено и требует дальнейшего уточнения. При анализе литературы следует выделить основные моменты и по ним сделать соответствующие заключения, высказать личную точку зрения автора по всем основным вопросам литературного обзора.

В тексте должны быть ссылки на источники литературы, которые использовал дипломник при написании дипломной работы в соответствии со списком литературы. Желательно, чтобы студент проработал не только отечественную, но и зарубежную научную литературу. Литературными источниками могут быть монографии, статьи в научных и научно-практических журналах, учебники, учебные пособия, рекомендации, методические пособия, научные труды вузов и научно-исследовательских институтов, тезисы докладов, материалы научных конференций и т. д.

В главе «Условия и методика проведения исследований» необходимо указать полное название почвы, на которой проводились

опыты. Привести агрохимические свойства почвы (гумус, реакция почвы, содержание подвижных форм фосфора, калия и другие показатели), метеорологические условия по годам исследований. Учитывая, что действие удобрений существенно зависит от метеорологических условий, выполнять дипломные работы можно лишь в том случае, если имеются как минимум двухлетние урожайные данные с исследуемыми в опытах культурами.

Необходимо проанализировать метеорологические условия по декадам месяцев вегетационного периода, сопоставить их со среднемесячными данными и сделать заключение, каким был тот или иной месяц, вегетационный период (засушливым, холодным и т. д.). Приведенные агрохимические показатели следует сопоставить с группировкой по агрохимическим показателям, принятой в республике, и указать, каково было содержание в почве гумуса, подвижных форм питательных элементов (низким, средним и т. д.), реакция почвы (среднекислая, слабокислая и т. д.).

В этой главе следует привести схему опыта, дозы вносимых удобрений, норму высева семян, повторность в опыте, общую и учетную площадь делянки, способ размещения делянок внутри повторений, нарисовать схему размещения вариантов опыта в натуре, описать и сослаться на методику всех наблюдений и анализов; отметить, какие наблюдения и оценки проводились в течение вегетационного периода (метеорологические и фенологические наблюдения, наблюдения за изменением роста, динамика нарастания сухого вещества и поступления питательных элементов в растения по фазам развития, определение полевой всхожести и выживаемости растений после перезимовки, элементов структуры урожая, оценка устойчивости зерновых, льна и других культур к полеганию и т. д.).

Глава «Результаты исследования и их обсуждение» является главной частью работы. Результаты исследований необходимо представить в виде таблиц, графиков, рисунков и фотографий, урожайные данные, показатели качества урожая (белок, крахмал, жир и др.), данные, полученные при наблюдениях, следует статистически обработать. Отдельные вопросы, рассматриваемые в дипломной работе, желательно выделять в виде разделов, например, «Действие новых форм азотных удобрений на урожайность ячменя», «Действие систем удобрения на качество клубней картофеля» и т. д.

Каждый показатель должен быть подробно проанализирован. Следует показать отклонения урожайности от контроля без удобрений или

контрольного фонового варианта, произвести расчет окупаемости 1 кг НРК кг продукции (зерна, клубней и т. д.). Следует показать изменчивость того или иного показателя (урожайность, белок, крахмал, содержание витамина С и т. д.) в зависимости от доз, форм и способов внесения удобрений, метеорологических условий, сортовых особенностей, влажности почвы, обеспеченности питательными элементами на протяжении вегетационного периода, реакции среды и т. д.

Данные опыта по урожайности указывают по повторностям и приводят в приложении, где показывают и математическую обработку результатов опыта.

В главе «Экономическое обоснование результатов исследований» студент должен привести данные прибавки урожайности, полученной от изучаемого приема, стоимость основной и побочной продукции, прибавки, затраты, связанные с применением удобрений, и затраты на уборку и доработку, рассчитать чистый доход и рентабельность.

В главе «Охрана труда» следует изложить организационные мероприятия, указать ответственных за охрану труда, кого допускают к работе с удобрениями и пестицидами, а также порядок проведения вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте, правила техники безопасности при работе с удобрениями и другими средствами химизации. Данный раздел консультирует преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности.

В главе «Охрана окружающей среды и получение экологически чистой продукции» необходимо предусмотреть комплекс мероприятий по предотвращению поверхностного и грунтового стока агрохимикатов в водоемы, провести мероприятия по контролю за накоплением тяжелых металлов в почвах и растениеводческой продукции, экологические ограничения при применении средств химизации.

Выводы должны быть конкретными и вытекать из полученных результатов исследований «Предложения производству», представляются в дипломной работе только после двух-, трехлетних исследований дипломника.

Литературу, используемую при выполнении дипломной работы, оформляют согласно ГОСТу.

В разделе «Приложения» приводятся данные по влажности, динамике подвижных соединений элементов питания в почве, математиче-

ской обработке основных результатов и другую информацию, дополняющую основные результаты исследований.

Ориентировочный план дипломной работы по теме «Разработка системы удобрения сельскохозяйственных культур в хозяйстве, отделениях». В этом плане особое внимание уделено двум важнейшим разделам: анализу производственной деятельности хозяйства и разработке системы удобрения.

Далее приведен примерный перечень глав и разделов по данной теме.

Введение.

Глава 1. Обзор литературы.

1.1. Факторы эффективности удобрений (тип почвы, гранулометрический состав, кислотность почвы, биологические особенности сельскохозяйственных культур, агрохимические показатели почвы, обеспеченность влагой, агротехнические условия, способы внесения удобрений, эродированность почв).

1.2. Методы расчета доз удобрений на планируемый урожай.

Глава 2. Агроэкономическая характеристика хозяйства.

2.1. Местоположение хозяйства, история образования, развития.

2.2. Анализ растениеводческой отрасли хозяйства, отделения (специализация, севообороты, урожайность за 3 последних года, себестоимость основных видов растениеводческой продукции, возделываемые в хозяйстве сорта сельскохозяйственных культур).

2.3. Анализ использования удобрений за 3 последних года, их окупаемость.

Глава 3. Агроклиматические и почвенно-агрохимические условия хозяйства.

3.1. Агроклиматические условия хозяйства (среднемесячная температура воздуха, сумма атмосферных осадков, сумма активных температур воздуха и т. д.).

3.2. Характеристика почвенного покрова (основные типы, подтипы, виды и разновидности почв, физико-химические свойства почв; особенности формирования водного режима).

3.3. Агрохимическая характеристика почв хозяйства (по полям севооборотов, других угодий, приводятся данные по содержанию гумуса, обменной кислотности (pH_{KCL}), гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, степень насыщенности почв основаниями, содержание подвижных соединений фосфора, калия, микроэлементов, магния и кальция).

Глава 4. Система удобрения сельскохозяйственных культур.

4.1. План накопления и распределения органических удобрений.

4.2. Разработка плана применения удобрений для севооборотов, сенокосов и пастбищ, садов и ягодников, внесевооборотных участков (кукуруза и т. д.). В этом подразделе в виде таблиц приводятся дозы органических и минеральных удобрений, микроэлементов по срокам внесения (основное, припосевное и подкормки).

Дается также описание и обоснование приемов удобрения с указанием используемых форм удобрений в физической массе.

4.3. Баланс питательных элементов и гумуса в севооборотах.

После расчета баланса питательных элементов и гумуса дается оценка разработанной системы удобрения. Если баланс питательных элементов и гумуса не укладывается в рекомендуемые рамки, корректируются дозы минеральных удобрений в сторону увеличения или снижения. При отрицательном балансе гумуса разрабатываются мероприятия по увеличению выхода органических удобрений или делаются предложения по изменению структуры посевных площадей (увеличению площадей, занятых под посевами многолетних трав, промежуточных культур (яровой рапс, редька масличная и др.).

4.4. План известкования в севооборотах и в других угодьях.

4.5. Составление годового и календарного плана применения удобрений.

Глава 5. Экономическое обоснование системы удобрения сельскохозяйственных культур в хозяйстве.

Глава 6. Охрана труда при работе с удобрениями.

Глава 7. Охрана природы при работе с удобрениями.

Выводы.

Литература.

Приложения.

Разъяснения для выполнения отдельных разделов работы можно найти в предыдущем разделе.

Защита дипломной работы должна определить подготовленность специалиста, выявить его научно-производственную зрелость, умение на производстве применять знания, полученные в вузе.

3. ОРГАНИЧЕСКИЕ И БАКТЕРИАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

3.1. Органические удобрения

Органические удобрения содержат питательные элементы в форме органических соединений растительного и животного происхождения.

Применяются следующие виды органических удобрений.

1. На основе отходов животноводства и птицеводства: подстилочный и бесподстилочный навоз, навозные стоки и птичий помет.

2. Из природного органического сырья: торф, сапрпель, компосты (в том числе вермикомпосты).

3. Зеленые удобрения и побочные продукты растениеводства (солома, ботва).

4. На основе коммунальных и промышленных отходов: промышленные и бытовые отходы, гидролизный лигнин, осадки сточных вод.

Органическим удобрениям принадлежит важная роль в повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Без их систематического применения нельзя рассчитывать на высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, особенно на песчаных и супесчаных почвах.

За счет органических удобрений в Беларуси компенсируется около 30–40 % выноса питательных элементов с урожаем сельскохозяйственных культур. Под влиянием органического вещества навоза активизируются микробиологические процессы в почве, в результате чего повышается растворимость, а следовательно, и доступность растениям элементов минерального питания.

Около 75 % органических удобрений от внесенного количества минерализуется и участвует в питании растений, 25 % гумифицируется и идет на восполнение потерь почвенного гумуса, с навозом в почву возвращается часть питательных элементов, поглощенных растениями в предыдущие годы. Одна тонна подстилочного навоза в среднем содержит 5 кг азота, 2,5 кг фосфора, 6 кг калия, а также ряд микроэлементов: 15 г марганца, 1,1 г бора, 2,5 г меди, 10 г цинка, 0,15 г кобальта.

При сложившейся системе содержания животных в сельскохозяйственных организациях республики для подстилки необходимо 4 500 тыс. т соломы и 2 860 тыс. т торфа для компостирования с полужидким навозом. Ежегодно на почвы пахотных земель республики необходимо вносить 55,7 млн. т навоза и компостов, или 12,1 т на 1 га пашни.

Среднегодовые дозы органических удобрений в севооборотах для поддержания бездефицитного баланса гумуса зависят от типа и гранулометрического состава почвы, биологических особенностей возделываемых культур.

К наиболее распространенным органическим удобрениям в Республике Беларусь относятся подстилочный и бесподстилочный навоз, птичий помет, сапрпель, торф, зеленое удобрение, а также различные компосты (торфонавозные, торфопометные, вермикомпосты с использованием соломы, костры льна, лигнина, растительных, древесных и бытовых отходов и т. д.).

Подстилочный навоз состоит из твердых и жидких выделений животных (экскрементов) и подстилки. Состав и удобрительная ценность навоза зависят от вида животных, используемых кормов, качества и количества подстилки и способа хранения.

Количество и соотношение твердых и жидких выделений значительно различаются по видам скота. У лошадей в 3,5 раза, у овец и крупного рогатого скота в 2,5 раза больше твердых, чем жидких, выделений; у свиней, наоборот, жидких в 2 раза больше, чем твердых. Твердые и жидкие выделения животных неравноценны по составу и удобрительной ценности. В жидких выделениях содержится больше азота (0,4–1,9 %) и калия (0,5–2,3 %), чем в твердых (соответственно 0,3–0,6 и 0,1–0,3 %), а фосфора, наоборот, значительно больше в твердых выделениях (0,17–0,41 %), чем в жидких (0,07–0,1 %). Азот и фосфор в твердых выделениях содержатся в составе органических соединений и переходят в доступную для растений форму после минерализации. В жидких выделениях элементы питания находятся в растворимой, легкодоступной для растений форме.

На состав и соотношение твердых и жидких выделений животных влияет количество потребляемых кормов. Чем больше скармливается сочных кормов и выше их влажность, тем больше жидких выделений. При увеличении в рационе количества концентрированных

и НТ

Состав навоза и других органических удобрений приведен в табл. 3.1.

В качестве подстилки используется солома озимых зерновых культур и торф, реже – древесные опилки и стружка. Солому лучше использовать в виде резки длиной 8–15 см. В этом случае она больше впитывает мочи, равномернее увлажняется, навоз получается более однородный, плотнее и при хранении меньше теряет азота. Его можно равномернее распределить по полю и легче заделать в почву.

Таблица 3.1. Средний состав органических удобрений

Удобрения	Влаж-ность, %	Содержание, кг/т*						
		Органиче-ское вещество	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Соломистый навоз: КРС	75	210	5,0	2,5	6,0	4,0	1,1	0,6
свињи	70	240	5,0	2,0	6,0	1,8	0,9	0,8
овцы	65	300	8,0	2,5	6,5	3,3	1,8	1,5
лошади	70	220	6,0	3,0	6,5	2,1	1,4	0,7
смешанный	75	220	5,0	2,5	6,0	3,5	1,2	1,0
Торфяной навоз: КРС	75	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
лошади	70	230	8,0	2,5	5,5	4,4	1,2	0,4
Полужидкий навоз: КРС	90	125	3,5	1,5	4,0	1,3	0,9	0,3
свињи	90	115	4,5	2,5	3,0	1,9	1,0	0,4
Жидкий навоз: КРС	95	40	2,0	1,0	2,5	0,5	0,4	0,1
свињи	95	40	2,5	0,9	1,8	0,6	0,2	0,1
Навозные стоки: КРС	98	18	0,7	0,4	0,7	–	–	–
свињи	98	18	0,8	0,5	0,4	–	–	–
Птичий помет: куры	55	350	16,0	15,0	8,0	24,0	7,0	4,0
утки	70	250	7,0	9,0	6,0	11,0	2,0	3,0
гуси	75	230	5,0	5,0	9,0	8,0	2,0	9,0
индюки	75	230	7,0	6,0	5,0	5,0	2,0	3,0
смешанный	60	320	15,0	14,0	7,0	17,0	5,0	3,0
Птичий помет: куры	55	350	16,0	15,0	8,0	24,0	7,0	4,0
утки	70	250	7,0	9,0	6,0	11,0	2,0	3,0
гуси	75	230	5,0	5,0	9,0	8,0	2,0	9,0
Подстилочный помет	40	450	20,0	16,5	8,5	18,0	6,0	3,5

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Птичий помет полужидкий	85	110	9,0	9,0	3,0	9,0	4,0	2,0
Птичий помет жидкий	95	40	3,0	2,5	1,0	4,0	1,2	0,7
Стоки птичьего помета	98	18	1,2	1,1	0,6	1,8	0,5	0,3
Сухой помет	14	800	41,0	39,0	20,0	45,0	14,0	10,0
Торфонавозный компост (1:1)	70	220	5,0	1,6	4,0	3,5	0,6	0,3
Торфонавозный компост (1:2)	70	220	5,5	1,8	4,5	4,0	0,8	0,4
Торфонавозный компост (1:3)	70	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
Торфожижевый компост	75	200	5,0	1,0	3,0	3,0	0,5	0,3
Торфопометный компост (1:1)	70	250	10,0	8,0	3,0	9,0	3,0	1,5
Торфопометный компост (1:2)	70	250	12,5	10,0	4,0	10,0	4,0	2,0
Торфофекальный компост	70	240	6,5	3,0	4,0	3,5	0,6	0,3
Костра льна + навоз бесподстилочный	72	200	4,7	2,0	7,3	4,0	0,8	0,3
Лигнинонавозный компост (1:1)	60	220	5,3	2,8	6,8	7,0	3,5	10,0
Лигнинопометный компост (1:1)	55	240	5,4	5,4	2,4	9,0	3,5	12,5
Смешанный (сборный) компост	70	200	5,0	2,0	4,5	4,0	0,8	0,4
Вермикомпост (биогумус)	50	425	20,0	15,0	10,0	–	–	–
Сапротелевые удобрения	60	–	8,0	1,0	0,5	–	–	–
Торф:								
низинный	60	350	10,0	1,2	0,7	15,0	–	–
переходный	60	370	6,5	0,6	0,5	4,8	–	–
верховой	60	385	4,0	0,4	0,3	1,2	–	–
Зеленое удобрение:								
бобовые	80	140	5,0	1,1	3,0	3,0	1,4	0,9
крестоцветные	80	140	4,0	1,3	3,8	2,0	1,0	0,7
злаковые	80	140	3,5	1,2	2,8	1,0	0,4	0,2
смесь	80	140	4,2	1,2	3,2	2,0	1,0	0,5
Солома:								
зерновые	16	800	4,0	1,5	10,0	2,0	1,0	1,5
зернобобовые	16	780	10,0	2,0	11,0	9,0	2,0	5,0
крестоцветные	16	780	5,0	1,5	9,0	8,0	2,0	4,0
крупяные	16	800	7,0	3,0	12,5	5,0	2,0	1,0
кукуруза	16	850	4,5	2,0	12,0	3,0	2,0	2,0
Ботва:								
сахарная свекла	80	120	3,5	1,0	5,0	1,0	1,0	0,4
кормовая свекла	80	120	4,0	1,0	6,0	2,0	1,0	0,4
картофель	80	120	2,0	0,5	4,0	1,5	1,0	0,3

*Содержание элементов питания в % – содержание в кг/т делим на 10 (например, 5 кг/т = 0,5 %).

Верховой торф содержит в 3–4 раза больше азота, чем солома, и обладает значительно большей поглощающей способностью, он почти

полностью поглощает мочу и образующийся при ее разложении аммиак. Навоз на торфяной подстилке содержит меньше калия, но больше общего и аммиачного азота, чем навоз на соломенной подстилке. При использовании для подстилки мелкой стружки и древесных опилок получается навоз плохого качества. Он имеет низкое содержание азота и медленно разлагается.

Хранение подстилочного навоза. Количество и качество подстилочного навоза в значительной степени зависят от способа его хранения. При хранении навоза под влиянием микроорганизмов происходит разложение азотистых и безазотистых органических веществ. Мочевина и другие органические азотистые соединения, содержащиеся в жидких выделениях животных, превращаются в газообразный аммиак, который улетучивается из навоза.

В зависимости от условий хранения разложение навоза происходит с разной интенсивностью и навоз получается разного качества. Существуют плотный, рыхлый и рыхло-плотный способы хранения навоза.

Бесподстилочный навоз. В настоящее время в Беларуси более 60 % общего количества навоза приходится на бесподстилочный. Он представляет собой смесь жидких и твердых экскрементов животных с примесью воды и остатков корма. В зависимости от соотношения жидкой и твердой фракций бесподстилочный навоз подразделяют на полужидкий (влажность до 90 %), жидкий (влажность 90–93 %) и навозные стоки (влажность более 93 %).

Содержание основных элементов питания в бесподстилочном навозе зависит от содержания в нем воды и сухого вещества, вида животных, от которых он получен, и скармливаемых кормов (табл. 3.1 и 3.2).

Таблица 3.2. **Примерный состав перемешанного бесподстилочного навоза, %**

Виды животных	Вода	Сухое вещество	Органическое вещество	Азот общий	Азот аммиачный	P ₂ O ₅	K ₂ O
Крупный рогатый скот	88,5	11,5	8,6	0,40	0,25	0,20	0,45
	92	8,0	6,0	0,28	0,17	0,14	0,32
Свиньи	90,0	10,0	5,0	0,47	0,33	0,24	0,23
	92,0	8,0	3,9	0,38	0,26	0,19	0,18

При одинаковой влажности перемешанный бесподстилочный навоз свиней содержит, как правило, больше азота и фосфора и примерно в 1,5–2 раза меньше калия, чем навоз крупного рогатого скота.

При скармливании животным концентрированных кормов в навозе выше содержание питательных элементов.

В бесподстилочном навозе от 50 до 70 % азота находится в аммонийной форме, хорошо доступной растениям сразу после внесения. Поэтому коэффициент использования азота бесподстилочного навоза и действие его на урожай в год внесения выше, чем подстилочного навоза, а последствие, наоборот, слабое. Фосфор и калий навоза растения используют не хуже, чем из минеральных удобрений.

Бесподстилочный навоз, чтобы вноситься в оптимальные сроки, должен храниться 2–6 мес. Для этого строят навозохранилища: прифермские – из расчета хранения 25–40 % навоза и полевые – исходя из 60–75 % от общего объема навоза.

Внесение бесподстилочного навоза на поля может проводиться по следующим технологическим схемам: 1) прифермское хранилище – трубопровод – дождевальная установка (или цистерна-разбрасыватель) – поле; 2) прифермское навозохранилище – цистерна-разбрасыватель – поле; 3) прифермское навозохранилище – трубопровод – полевое хранилище – цистерна-разбрасыватель – поле; 4) разделение навоза на твердую и жидкую фракции; первая вносится, как и подстилочный навоз, вторая – по одной из трех первых схем, но чаще с помощью дождевальных установок.

Полужидкий навоз компостируется с торфом, соломенной резкой. Бесподстилочный навоз также запахивают с измельченной соломой, оставленной на поле после уборки, или с разбросанным предварительно торфом. Перед дождеванием бесподстилочный навоз разбавляют в смесительной камере водой в соотношении 1:8–10 в вегетационный период и 1:2–3 – во вневегетационный. Бесподстилочный навоз можно применять не только в качестве основного удобрения, но и для подкормки культур. Дозы внесения жидкого навоза под сельскохозяйственные культуры определяются по азоту и дифференцируются в зависимости от типа и гранулометрического состава почвы.

Птичий помет – ценное быстродействующее органическое удобрение. В зависимости от особенностей технологии выращивания птицы помет может быть *подстилочный* – при содержании птицы на глубокой несменяемой подстилке и *бесподстилочный* – при клеточном содержании кур-несушек. От вида птицы, возраста, типа кормления и содержания птицы зависит химический состав помета (табл. 3.1, 3.3 и 3.4).

Куриный помёт по своим удобрительным качествам превосходит навоз, а по скорости действия не уступает минеральным удобрениям. Помёт гусей и уток более водянист и по содержанию питательных веществ приближается к обычному навозу. За год от 100 кур можно собрать 6–8 ц помёта, от уток – 8–9 и от гусей – 10–12 ц. Помёт содержит также и микроэлементы. Так, в 100 г его сухого вещества содержится 15–38 мг марганца, 12–39 цинка, 1–1,2 кобальта, 1–2,5 меди и 300–400 мг железа.

Таблица 3.3. Химический состав птичьего помёта, % от сырого вещества

Птица	Выход в год, кг	Влажность, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃
Куры	6	56	1,6	1,5	0,8	2,4	0,7	0,4
Утки	8	70	0,7	0,9	0,6	1,1	0,2	0,3
Гуси	10	76	0,5	0,5	0,9	0,8	0,2	1,1
Индюки	8	75	0,7	0,6	0,5	0,5	0,2	0,3

Таблица 3.4. Состав различных видов подстилочного помёта при 40%-ной влажности, % на сырое вещество

Виды подстилки	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Торф	2,22	2,00	0,78
Опилки	1,60	1,40	0,62
Торф и солома	2,15	1,65	0,68
Солома	2,10	1,60	0,85

Влажность подстилочного помёта колеблется от 30 до 50 %. Наиболее высокого качества помётное удобрение получают на основе торфа и соломы, используемых в качестве подстилки.

Потери азота из птичьего помёта можно также предотвратить добавлением к нему суперфосфата в количестве 6–10 % от массы сырого помёта. Суперфосфат добавляется к помёту только после удаления его из птичника. Полученное из помёта и суперфосфата концентрированное удобрение вносят под пропашные культуры (картофель, овощи) по 4–5 т/га, под зерновые – 2–2,5 т/га.

Бесподстилочный куриный помёт представляет собой липкую мажущую массу и при влажности 64 % содержит около 2 % азота, в том числе 0,5 % аммиачного, 1,4 фосфора и 0,6 % калия. Свежий бесподстилочный помёт, который ещё не содержит аммонийного азота, можно подвергнуть быстрой сушке на сушильных установках при температуре 600–800 °С. Из 1 т сырого помёта получается 300–350 кг

гранулированного или порошкообразного концентрированного органического удобрения влажностью 15–20 %. При влажности 20 % оно содержит: N – 4,5 %, P₂O₅ – 3,7, K₂O – 1,8, CaO – 4,5, MgO – 1,6 %. Азотистые соединения представлены главным образом белками и продуктами их распада; pH 6,8–7,8.

Жидкий птичий помет можно разделить на твердую и жидкую фракции. При естественном разделении твердая фракция накапливается в горизонтальных отстойниках, а осветленная часть поступает в накопители. Однако выгрузка твердой фракции из отстойников затруднена. Жидкий помет содержит 5–8 % сухого вещества, 0,24 азота, 0,21 фосфора и 0,12 % калия; жидкая фракция – 0,16 % азота, 0,06 фосфора и 0,10 % калия.

Дозы внесения пометных удобрений приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5. **Примерные нормы внесения пометных удобрений под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах, т/га**

Культуры	Помет			Компост
	сухой	естественной влажности	подстилочный	
Озимые зерновые	3–4	13–15	10–15	20–25
Яровые зерновые	3	8–10	10–15	20–25
Картофель	4–5	15–20	20–25	40–50
Кукуруза на силос	4–5	15–20	15–20	40–60
Кормовые корнеплоды	4–5	15–20	15–20	30–50
Овощные	6–8	20–25	20–25	40–60
Однолетние травы	–	–	12–15	20–30
Многолетние травы	5–8	10–15	–	–

Торф – это растительная масса, разложившаяся в разной степени в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха. Торф включает негумифицированные растительные остатки, перегной и минеральные соединения.

В Беларуси 4,5 млрд. т запасов торфа, в том числе 1,3 млрд. т эксплуатационных, 1,3 млн. га торфяников находится в сельскохозяйственном пользовании.

Для подстилки и приготовления компостов он должен применяться в минимальных объемах (средняя норма, обеспечивающая утилизацию экскрементов, – 300 кг торфа на тонну). Торф разделяют на две большие группы: нормальнозольный (содержание золы – до 12 % на сухое вещество) и высокозольный. Торфяные болота в зависимости от усло-

вий образования и характера преобладающей растительности делят на три типа: верховые, низинные и переходные. Торф различных типов болот различается по агрохимическим свойствам и качеству (табл. 3.6).

Таблица 3.6. **Химический состав различных типов нормальнозольного торфа**

Торф	рН _{ксл}	Содержание, % абсолютно сухого вещества					
		Органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Зола
Верховой	2,8–3,5	95–98	0,8–1,2	0,06–0,12	0,05–0,1	0,2–0,4	2–5
Низинный	4,7–5,5	85–92	2,3–3,3	0,12–0,5	0,1–0,20	2,0–6,0	8–18
Переходный	3,5–4,7	90–95	1,0–2,3	0,1–0,2	0,10–0,15	0,4–2,0	5–8

Торф с содержанием вивианита $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ (28,3 % P₂O₅), встречающийся в некоторых месторождениях, можно использовать в качестве удобрения без компостирования, устанавливая дозу внесения по фосфору.

Верховой торф образуется на возвышенных элементах рельефа из сфагновых мхов, пушицы и других растений, нетребовательных к элементам питания и влаге.

Переходный торф по своим свойствам занимает промежуточное положение между верховым и низинным. Его используют для подстилки животным и приготовления компостов. Все виды торфа богаты органическим веществом, а следовательно, азотом, но бедны фосфором и калием. Большая часть азота в торфе находится в малодоступной органической форме и только 2–3 % в минеральной. Органическое вещество торфа очень устойчиво к разложению. Поэтому его используют для приготовления компостов.

Компосты (от лат. *compositus* – составной) – органические удобрения, получаемые в результате разложения смеси навоза с торфом, землей, растительными остатками, фосфоритной мукой и т. п. под влиянием деятельности микроорганизмов. Высококачественный компост представляет собой однородную, темную, рассыпчатую массу влажностью не более 75 %, с реакцией, близкой к нейтральной. Он должен содержать элементы питания в доступной для растений форме.

Правильно приготовленные компосты по удобрительной ценности не уступают навозу.

В соответствии с техническими условиями для компостирования используют торф влажностью до 50 %, помет до 90, навоз до 92 %.

Смесь должна иметь влажность 65–70 %, быть сыпучей. Содержание фосфора составляет 1,2–1,3 % на абсолютно сухое вещество. В зависимости от компонентов компосты бывают торфоновозные, торфожижевые, торфопометные, торфофекальные, навозолигнинные, компосты из бытовых отходов и сборные.

Торфожижевые компосты. Торф укладывают в два сплошных смежных вала так, чтобы между ними образовалось корытовидное углубление (толщина торфа в местах соприкосновения валов и с торцов – 40–50 см), в которое заливают навозную жижу. На 1 т проветренного торфа в зависимости от его влажности берут от 0,5 до 1 т навозной жижи. После впитывания жижи всю массу сгребают бульдозером в штабеля, которые не уплотняют.

Аналогично можно заготовить компосты из торфа и жидкого навоза с соотношением 1:1 или 2:1.

Смешивать с фекалиями можно все виды торфа. Соотношение компонентов зависит от степени разбавления фекальных масс, влажности и степени разложения торфа.

На 1 т торфа добавляют около 0,5 т фекалий. Фекалии обычно содержат 0,5–0,8 % азота, 0,2–0,4 фосфора и 0,3–0,4 % калия. Лучше вносить торфофекальные компосты на второй год после закладки, не рекомендуется применять их под овощные культуры.

Торфопометные компосты. Они могут готовиться из помета (1 часть) и торфа (2 части) на птицефабрике или в хозяйстве; из помета (1 часть) и почвы (1,5 части) – на краю удобряемого поля; из помета (3 части) и опилок (2 части) – на птицефабрике. Для ускорения разложения в эти компосты добавляют навозную жижу или азотное удобрение (2,8 кг аммиачной селитры или 2,2 кг мочевины на 1 ц компостируемой массы). Компост созревает от 3 мес до двух лет в зависимости от компонентов, температуры, влажности, условий аэрации и др. Очень медленно разлагаются опилки и другие отходы хвойных деревьев. Компост готовят также из коры (1,5 части) и помета (1 часть), добавляют навозную жижу или азотные удобрения. Из-за низкого содержания питательных элементов (в 2 раза меньше, чем в навозе) транспортировка такого компоста на расстояние более 4 км нецелесообразна.

В торфопометных компостах азота обычно содержится не менее 0,7 %, фосфора – 0,45 % и калия – 0,38 %, влажность – 70 %. Дозы торфопометного компоста составляют для картофеля 40–50 т/га, кукурузы и овощных культур – 40–60 т/га, зерновых культур – 20–25 т/га.

Пометноопилочный компост содержит 0,5 % азота, 0,35 фосфора и 0,25 % калия. Компосты с корой содержат питательных элементов в 2 раза меньше, поэтому их вносят в дозах вдвое больших, чем навоз, и дополнительно вносят в почву 2,5 кг азота на 1 т компоста – сверх потребности в нем растений. Пометнопочвенный компост при влажности 45 % содержит общего азота 0,23 %, фосфора – 0,16 и калия – 0,07 %.

Смешанные (сборные) компосты готовят из торфа, листьев, опилок, ила (добавляя тонкие ветки), ботвы, дерновой земли, домашнего мусора, бумаги, золы, извести (2–3 % массы) и других отходов. Через каждые 20–30 см компоненты поливают фекалиями или водой и укрывают слоем земли 6 см. Через 2 мес компост перелопачивают. Для ускорения разложения отходов добавляют по 15 кг аммиачной селитры и суперфосфата на 1 т компоста. Созревает такой компост от 3 до 12 мес, т. е. до тех пор, пока, как и любой другой, не превратится в однообразную землистую массу. Приготовление и использование торфяных компостов требует значительных затрат труда и средств. Перевод технологии производства торфонавозных и других компостов на промышленную основу позволяет значительно снизить себестоимость этих удобрений, однако для этого необходима система специальных машин.

Для компостирования может быть использован *гидролизный лигнин* – отходы гидролизно-дрожжевой промышленности. Лигнин – одно из самых распространенных в природе органических веществ. Лигнин входит в состав одревесневших клеточных стенок всех наземных растений. Гидролизный лигнин – нерастворимый в воде отход гидролиза древесины, включающий собственно лигнин, остатки полисахаридов, минеральных и органических кислот, зольные элементы (до 10 %), азот, фосфор, калий, а также примеси (смолы, воск). Плотность лигнина – 1 250–1 450 кг/м³.

Вермикомпост или биогумус – это продукт переработки навоза и различных органических отходов червями. Биогумус содержит *макро- и микроэлементы*, обладает биологической активностью, содержит *гормоны*, регулирующие рост растений (*ауксин, гиббереллин*), важные *ферменты* – *фосфатазы, каталазы* и т. д. При этом уменьшается число сальмонелл, вирусов.

Наиболее широко используется в вермикультуре навозный червь *Eisenia foetida*, так называемый красный гибридный калифорнийский червь, выведенный в конце 40-х гг. XX столетия в США. Он характеризуется большой скоростью роста, плодовитостью, продолжительно-

стью жизни. Максимального размера достигает в 7-месячном возрасте. Его длина – 6–10 см, темно-красного или красно-коричневого цвета.

В закрытых отапливаемых помещениях производством биогумуса можно заниматься круглогодично с применением стеллажей и контейнеров. Полки стеллажей делаются деревянными. По их краям устраивают бортики высотой 30 см. Для удобства выемки биогумуса бортики желательно делать откидными. Расстояние между полками по высоте должно быть не более 70 см.

Требования к составу компоста приведены в табл. 3.7.

Дозы биогумуса составляют 3–5 т/га. Урожайность зерновых от биогумуса повышается на 6–10 ц/га, картофеля – 50–60 ц/га. Сплошное внесение 2,5 т/га и локальное 250–300 кг/га дает хороший эффект у садоводов и овощеводов-любителей.

Таблица 3.7. Требования к составу биогумуса

Показатели	Россия (прейскурант 708201)	ФРГ (ГОСТ)	Польша (ГОСТ)	АТП «Горечок», Беларусь (опыты)
Органическое вещество, %	40–45	40–45	40–60	43–60
Отношение C:N	15	15		15
Доступный азот, %	Не менее 1,5	Не менее 1,5	1,5–3,0	1,8–2,0
P ₂ O ₅ , %	1,2	1,2	1,8–4,0	1,8–3,0
K ₂ O, %	0,5	0,5	1,5–3,0	0,75
Гумус, %	Не менее 15,0	–	–	20,0
Влажность, %	50,0	40–60	40–60	50–60
pH	6,5–7,5	6,5–7,5	6,8–7,2	7,0–7,1

Сапропель (от греч. *sapros* – гнилой и *pelos* – грязь, ил) – донные отложения пресноводных водоемов различной окраски – от розовой до темно-коричневой. Химические и физические показатели сапропелевых удобрений и их состав приведены в табл. 3.1 и 3.8.

Доза внесения сапропеля в два раза больше, чем навоза. По удобрительной ценности 1 т сапропелей равноценна 0,6–0,7 т торфонавозных компостов. Применение сапропеля в качестве местного удобрения требует больших затрат на его добычу, транспортировку и внесение.

Экономически оправданна перевозка сапропелей на расстояние до 20 км. Кремнеземистые сапропели не имеют удобрительной ценности.

Таблица 3.8. **Физические и химические показатели сапрпелевых удобрений**

Наименование показателя	Нормы по видам удобрений		
	Органические	Органо-кремнеземистые	Органо-известковистые
1	2	3	4
Массовая доля частиц крупнее 10 мм, %, не более	20	20	20
Массовая доля влаги, %, не более	60	60	50
Зольность, %, не более	50	70	65
Массовая доля общего азота, % на сухой продукт, не менее	1,5	1,0	Не регламентируется
Обменная кислотность, рН, не менее	5,0	5,0	Не регламентируется
Массовая доля оксида кальция, %, не менее	–	–	17
Удельная активность радионуклидов (цезий 137), Бк/кг, не более	300	–	–

В качестве удобрений используют также *ил пресных вод* (землистая масса). Различные виды ила содержат от 6 до 30 % перегноя, 0,25–2,0 азота, 0,25–0,5 фосфора и 0,2–0,8 % калия. Дозы ила под озимые составляют 30 т на 1 га, овощные, картофель, корнеплоды – 70 т и более. В почву ил заделывают после проветривания. Его можно использовать также как компонент при приготовлении компостов.

Зеленое удобрение – это свежая растительная масса, запахиваемая в почву для обогащения ее органическим веществом, азотом и другими элементами питания. Этот прием называют еще *сидерацией*, а растения, выращиваемые на удобрение, – *сидератами*.

Зеленое удобрение – важнейший источник гумуса и азота в почве. В зависимости от вида сидеральной культуры с 1 т зеленого удобрения в почву в среднем поступает 140 кг органического вещества, 3,5–5,0 кг азота, 1,1–1,3 кг фосфора и 2,8–3,8 кг калия, 1–3 кг кальция и 0,4–1,4 кг магния (табл. 3.9).

При запашке зеленой массы сидератов в количестве 35–40 т/га в почву попадает 150–200 кг азота, что равноценно 30–40 т навоза.

Зеленое удобрение улучшает агрохимические, физико-химические и физические свойства почвы. Оно повышает величину рН, сумму поглощенных оснований, снижает величину гидролитической кислотности и подвижного алюминия. Обогащая почву органическим веществом, зеленое удобрение повышает связность песчаных и супесчаных почв, что улучшает их водно-физические и физические свойства.

Таблица 3.9. Средний состав зеленого удобрения

Культуры	Влажность, %	Содержание, кг/т					
		Органическое вещество	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Бобовые	80	140	5,0	1,1	3,0	3,0	1,4
Крестоцветные	80	140	4,0	1,3	3,8	2,0	1,0
Злаковые	80	140	3,5	1,2	2,8	1,0	0,4
Смесь	80	140	4,2	1,2	3,2	2,0	1,0

На зеленое удобрение обычно возделывают бобовые культуры (люпин, донник, горох, сераделлу), которые накапливают большое количество – до 150–200 кг/га – азота, что равноценно 30–40 т/га навоза. По содержанию азота 1 т зеленого удобрения равноценна 1 т навоза.

Биологическая характеристика сидеральных культур приведена в табл. 3.10.

Таблица 3.10. Характеристика сидератов в промежуточных посевах

Культуры	Количество дней вегетации	Урожайность биомассы (включая корни), т/га	Содержание NPK в 1 т, кг
Рапс озимый	65	46	10,1
Рапс яровой	60	39	10,5
Люпин многолетний	116	63	9,2
Люпин однолетний	70	62	7,2
Клевер луговой	116	41	14,6
Вика + овес	50	30	14,3

На зеленое удобрение используют выращивание сидератов в качестве самостоятельной или промежуточной культуры. Использование того или иного вида сидерата зависит от климатических условий, количества тепла, влаги, условий местности, грануметрического состава почвы, наличия удобрений и семян. При промежуточном использовании сидеральные культуры высевают между основными культурами. Промежуточные культуры в свою очередь подразделяются на следующие группы: подсевные, пожнивные, поукосные и озимые.

Различают три основные *формы зеленого удобрения*: полное, укосное и отавное. Полное, когда в почву запахивают всю зеленую массу и корни, отавное, когда запахивают стерневые остатки и корни растений, укосное, когда зеленую массу для заправки перевозят на другой участок (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Применение зеленого удобрения

Зеленое удобрение улучшает плодородие почвы (рис. 3.2).

В крупнотоварном производстве агроэкономически целесообразно отавное применение зеленого удобрения: зеленая масса в этом случае используется на корм, а отава – на удобрение.

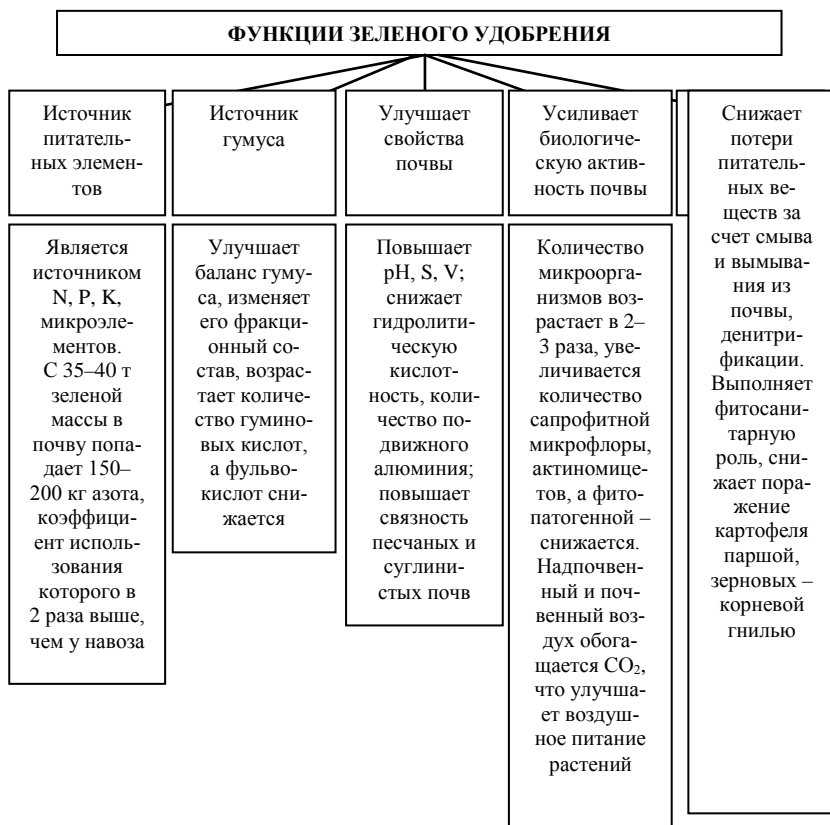


Рис. 3.2. Влияние зеленого удобрения на свойства почвы (В. Г. Минеев)

Кроме прямого влияния на улучшение плодородия почвы и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур сидераты снижают переуплотнение почвы, улучшают структуру, предотвращают водную и ветровую эрозию, вымывание элементов питания из почвы.

Солома. По химическому составу солома зерновых культур характеризуется довольно высоким количеством безазотистых веществ (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин) и низким содержанием азота и минеральных элементов. В среднем она содержит 0,5 % азота, 0,25 фосфора (P₂O₅), 0,8 калия (K₂O) и 35–40 % углерода в форме различных органических соединений. В соломе находятся некоторые ко-

личества серы, кальция, магния, различных микроэлементов (бор, медь, марганец, молибден, цинк, кобальт и др.).

Основные функции соломы в качестве удобрений представлены на рис. 3.3. Благодаря этим функциям солому активно применяют в качестве удобрения различными способами.

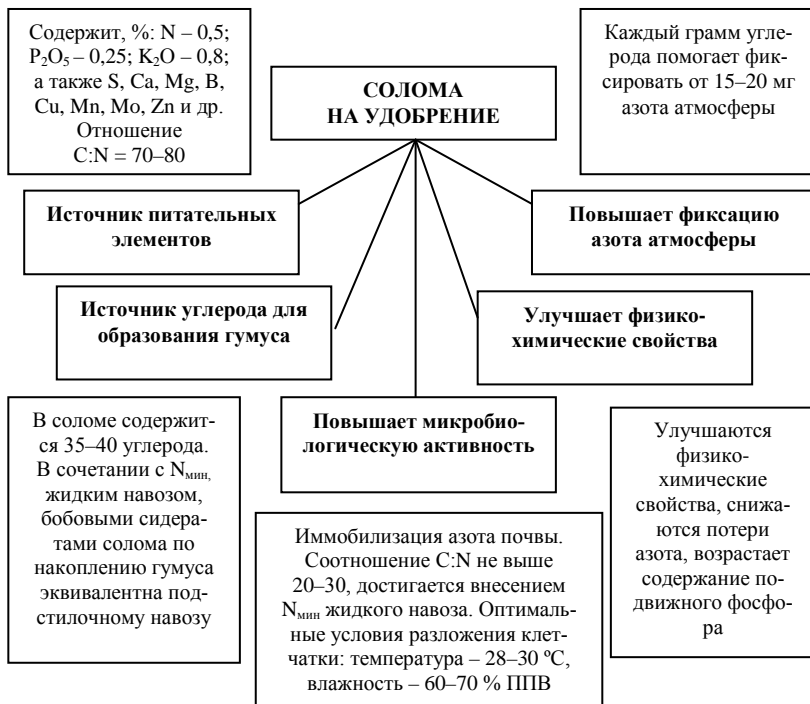


Рис. 3.3. Основные функции соломы (В. Г. Минеев)

Солома – активный энергетический материал для образования гумуса. Широкое отношение C:N в соломе оказывает большое влияние на разложение ее в почве. Установлено, что для нормального протекания процессов разложения соломы отношение C:N должно быть 20–30:1. Более узкое соотношение этих элементов приводит к минерализации азотистых соединений, а более широкое – усиливает процессы иммобилизации азота.

Широкое отношение углерода к азоту (80–100:1) сдерживает биохимическое разложение соломы, поэтому его необходимо уменьшить.

В связи с этим немецкие ученые Н. В. Hutchinson и Е. N. Richaris еще в 1921 г. сформулировали понятие «азотного фактора», означающее количество неорганического азота (в граммах), которое органически связывается на каждые 100 г разлагаемого вещества. В зависимости от вида соломы этот показатель равен 0,5–1,0, т. е. для нормального разложения соломы на каждые 100 г ее необходимо вносить 0,5–1,0 г минерального азота, что приведет к уменьшению отношения С:N соломы до 20–30:1.

В зависимости от вида соломы содержание азота в ней может изменяться в 2–3 раза, в результате и отношение С:N существенно варьирует. Так, на 1 т соломы требуется внесение различного количества дополнительного азота.

Солома по содержанию азота, фосфора не уступает подстильному навозу, а по содержанию калия значительно его превосходит (табл. 3.11).

Таблица 3.11. Средний состав соломы и соотношение углерода к азоту в соломе сельскохозяйственных культур, % в сухом веществе

Культура	Органический углерод	Содержание, % в сухом веществе					Соотношение углерода к азоту (С:N)	Добавка азота на 1 т соломы, кг д. в.
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		
Рожь озимая	47	0,48	0,28	1,98	0,19	0,09	97	11
Пшеница озимая	47	0,58	0,23	2,12	0,19	0,09	81	10
Тритикале озимая	48	0,56	0,27	2,07	0,17	0,07	86	10
Пшеница яровая	47	0,49	0,21	2,17	0,13	0,14	96	11
Тритикале яровая	47	0,47	0,27	2,06	0,11	0,07	100	11
Ячмень яровой	48	0,55	0,21	2,60	0,11	0,06	87	10
Овес	47	0,55	0,38	2,21	0,16	0,06	85	10
Люпин узколиственный	47	1,11	0,35	1,94	0,93	0,56	42	5
Соя	46	1,10	0,51	1,89	1,02	0,41	42	5
Гречиха	47	0,85	0,52	3,20	0,60	0,46	55	7
Просо	47	0,64	0,43	2,57	0,24	0,44	73	9
Рапс яровой	47	0,70	0,43	2,06	0,84	0,24	67	9
Кукуруза	47	0,55	0,22	2,33	0,34	0,23	85	10

Приемы внесения и способы заделки соломы приведены на рис. 3.4.

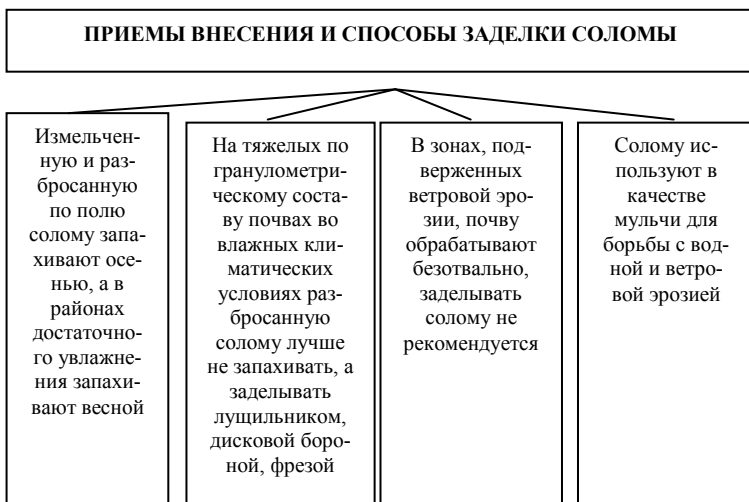


Рис. 3.4. Приемы внесения и способы заделки соломы

Приемы эффективного использования соломы показаны на рис. 3.5.

Измельченную и разбросанную по полю солому запахивают осенью при подъеме зяби или весной в районах достаточного увлажнения.

На почвах тяжелого гранулометрического состава и во влажных климатических условиях разбросанную по полю солому не запахивают, а заделывают поверхностно луцильником, дисковой бороной или фрезой. Такой способ заделки в этих случаях дает лучший эффект по сравнению с заделкой ее плугом. Там, где возможно, после поверхностной заделки соломы желательно посеять промежуточную пожнивную, лучше бобовую культуру.

Солому используют также в качестве мульчи для борьбы с водной и ветровой эрозией почвы. Мульчирование создает благоприятные условия для впитывания воды в почву, уменьшает, а иногда и полностью устраняет опасность поверхностного стока, способствует более равномерному распределению воды по поверхности почвы, улучшает структуру пахотного горизонта, ослабляет испарение влаги. Измельчение соломы рекомендуется не более 3–7 см, и она равномерно распределяется по ходу комбайна.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛОМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ				
Примене- ние N _{мин}	Примене- ние беспод- сти- лочного навоза	Посев бобовых после внесения	Внесение соломы под посев про- пашных	Сочетание соломы с зеленым удобрением
В 1 т соломы вносят 10–20 кг минерального азота при использовании под зерновые культуры до соотношения C:N – 20:1	В 1 т соломы вносят 6–8 т навоза с целью предотвращения иммобилизации азота почвы	Солома стимулирует азотфиксирующую способность бобовых культур	Дефицит азота восполняется за счет мобилизации его при между-рядных работах	Этот прием позволяет в большинстве случаев исключить внесение минерального азота

Рис. 3.5. Приемы эффективного использования соломы (В. Г. Минеев)

При оставлении стерни и соломы, в случае замены обычной обработки почвы безотвальной, на 40–60 % уменьшается скорость ветра над поверхностью почвы. Вследствие этого угроза ветровой эрозии становится менее опасной, поэтому в зонах, подверженных ветровой эрозии, где обработку почвы проводят безотвально, заделывать солому в почву не рекомендуют.

На площадях, удобренных соломой, желательно в первую очередь размещать бобовые или пропашные культуры. При посеве на этих площадях небобовых культур полезно внести азотные удобрения из расчета 8–10 кг азота на 1 т соломы зерновых культур и 7–8 кг – крестоцветных. Вносимый вместе с соломой азот в общей норме минеральных удобрений не учитывается, так как он включается в общий оборот азота почвы и может играть определенную роль лишь при систематическом применении соломы на удобрение в севообороте.

Норма дополнительного внесения азота с соломой может существенно различаться и зависит от климата, плодородия почвы, вида

соломы, зеленого удобрения, вида высеваемой на этих площадях культуры. Во всяком случае установлено, что депрессивное действие соломы на первой культуре можно предотвратить, если внести такое количество минерального азота, которое обеспечит отношение C:N, равное 20:1.

Хороший эффект наблюдается при комбинации удобрения соломой и зеленого удобрения. При этом могут быть использованы различные виды зеленого удобрения: самостоятельные посевы, пожнивные или подсевные культуры. Лучшее действие отмечается при использовании на зеленое удобрение бобовых культур, так как солома оказывает положительное действие на рост бобовых и фиксацию ими азота из атмосферы.

Минеральные азотные удобрения можно заменить бесподстилочным жидким навозом из расчета не менее 6–8 т на 1 т соломы. Удобрения заделывают в почву, выполняя лущение стерни на глубину 8–10 см. Через три недели зябь вспахивают. На глинистых и суглинистых почвах навоз вносят осенью или весной, на супесчаных и песчаных – только весной.

Во время уборки озимых культур солому измельчают, равномерно распределяют по поверхности поля и заделывают на глубину 8–10 см. Лучше после заделки соломы сеять зернобобовые культуры, так как под другие, особенно зерновые, необходимо вносить по 10–12 кг азота на 1 т запаханной соломы.

3.2. Бактериальные удобрения

Бактериальные удобрения – это препараты высокоактивных микроорганизмов, улучшающих условия питания сельскохозяйственных культур. Ориентация растениеводства на экологическую и экономическую целесообразность предусматривает внедрение современных достижений биотехнологии, в том числе бактериальных удобрений, обеспечивающих использование биологических механизмов питания и защиты растений. Важными аргументами в пользу бактериальных удобрений являются полная безопасность для человека и окружающей среды, экологическая безопасность и возможность снижения доз минеральных удобрений и ядохимикатов.

При применении бактериальных удобрений обеспечивается повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур за счет биологической азотфиксации атмосферного азота, микробной мобили-

зации основных элементов минерального питания, стимуляции роста, повышения устойчивости растений к корневым инфекциям.

Наиболее широкое распространение получили препараты, содержащие азотфиксирующие микроорганизмы. Биологический азот в почве накапливается в результате симбиотической, несимбиотической и ассоциативной азотфиксации. Симбиотическую азотфиксацию выполняют клубеньковые бактерии, живущие на корнях бобовых культур. В симбиозе с клубеньковыми бактериями бобовые способны удовлетворить до 60–90 % своей потребности в азоте за счет биологической азотфиксации.

По данным Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, однолетние зернобобовые культуры (люпин, горох и др.) за сезон связывают на 1 га от 150–200 кг азота, примерно половина его остается в почве. Многолетние бобовые травы продуцируют значительно больше азота. Клевер за вегетацию усваивает 200–250 кг азота из атмосферы, в почве после себя оставляет 75–100 кг азота. Люцерна продуцирует в симбиозе с клубеньковыми бактериями и связывает 300–350 кг азота, оставляя после себя в почве 120–150 кг азота.

Бактериальные удобрения производят в США (20 млн/га порций ежегодно), Австрии (6–9 млн.), Бразилии (4–6 млн.), Индии (2–4 млн.), Канаде (2,5 млн.), Аргентине (2–3 млн.), Уругвае (1–2 млн.), России (0,3 млн.).

Институтом микробиологии НАН Беларуси для бактеризации бобовых культур было разработано бактериальное удобрение Сапронит, которое применяется в республике в настоящее время. Инокуляция семян бобовых культур Сапронитом повышает эффективность бобоворизобактериального симбиоза, урожайность бобовых культур, улучшает качество продукции.

Основными условиями формирования полноценного симбиоза клубеньковыми бактериями являются оптимизация калийного и фосфорного питания, внесение микроудобрений (В, Мо, Со), регулирование почвенной кислотности, соблюдение необходимых агротехнических приемов и бактеризация семян бобовых культур специфичными штаммами клубеньковых бактерий.

Сапронит – препарат клубеньковых бактерий, субстратным носителем которого является органический сапрпель. Изготавливается жидкий препарат для различных бобовых культур. Объем гектарной нормы составляет 0,2 л. Предпосевная обработка 1 т семян зернобобо-

вых культур проводится рабочей смесью: 1 л Сапронита и 10 л воды (непосредственно перед использованием).

Соя Риз – сыпучая препаративная форма биоудобрения, получаемая путем иммобилизации на торфяном субстрате-носителе клеток эффективного питания клубеньковых бактерий. Улучшает азотное питание. Повышает урожайность семян сои от 5 до 135 %, зеленой массы до 30 %.

На основе азотобактера (свободноживущего азотфиксатора) методами генной инженерии создан бактериальный препарат **Ризофил**. По результатам испытаний Ризофил повышает урожайность томатов и огурцов в среднем на 25 %, заменяя 20 % азота минеральных удобрений биологически фиксированным.

Улучшить азотное питание небобовых культур способны **ассоциативные азотфиксаторы**. Размеры ассоциативной азотфиксации различны и, согласно литературным данным, в зависимости от вида растений и почвенно-климатической зоны колеблется от 3–50 кг азота за год в странах с умеренным климатом до 200–600 кг в странах с тропическим климатом.

Активными ассоциативными азотфиксаторами являются *Azospirilla* и *Klebsiella planticola* 5. По данным Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, усвоение азота атмосферы зерновыми культурами за счет несимбиотической азотфиксации за вегетацию составляет 33–38 кг/га, многолетними злаковыми травами – 29–45 кг/га. Основные пути активизации природного потенциала ассоциативной азотфиксации – оптимизация минерального питания небобовых культур и применение бактериальных удобрений на основе активного питания diaзотрофов. Эти микроорганизмы размещаются в верхних слоях растительной ткани корней и в благоприятных условиях могут обеспечить до 40–50 % потребности растений в азоте.

В Беларуси на основе этих ассоциативных diaзотрофных микроорганизмов разработаны бактериальные удобрения **Азобактерин** и **Ризобактерин** соответственно.

Азобактерин – бактериальное удобрение широкого спектра действия, разработанное в РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Оно применяется для зерновых культур, многолетних трав и льна-долгунца.

Азобактерин изготавливается в жидкой форме. Объем гектарной нормы – 0,5 л/га – может быть использован как для обработки семян, так и для обработки посевов. Предпосевная обработка 1 т семян зерно-

вых культур проводится рабочей смесью: 1 л Азобактерина, 1–2 л раствора прилипателя и 3–4 л воды. Обработка посевов проводится смесью из расчета на 1 га: 0,5 л Азобактерина + 150–200 л воды.

Ризобактерин – бактериальное удобрение на основе ассоциативно-го диазотрофа *Klebsiella planticola* 5 для зерновых культур, обладающего множественным эффектом (фиксация атмосферного азота, биосинтез индолилуксусной кислоты, подавление жизнедеятельности корневых патогенов). Удобрение разработано в Институте микробиологии НАН Беларуси.

Применение Ризобактерина позволяет повысить урожайность зерна на 10–15 %, снизить химическую нагрузку на почву и дозы азотных удобрений на 20–30 %. По данным кафедры агрохимии УО БГСХА, урожайность зерна овса при инокуляции семян Ризобактерином увеличивалась на 5,2–8,7 ц/га, содержание сырого белка в зерне – на 0,9–1,1 %. Урожайность зерна яровой пшеницы при применении Ризобактерина возросла на 6,5 ц/га, озимой ржи – на 6,2 ц/га.

Ризобактерин изготавливается в жидкой форме, объем гектарной дозы составляет 0,2 л. Нормы расхода Ризобактерина для обработки 1 т семян яровой пшеницы составляют 1,1 л, для озимой ржи – 0,9 л, ячменя – 1,1 л. Непосредственно перед обработкой семян препарат разбавляют 10 л воды.

Разработана также усовершенствованная форма Ризобактерина с повышенным сроком хранения, прикрепляемостью и выживаемостью продуцента на корнях зерновых культур – **Ризобактерин-С**.

В условиях Беларуси фосфор – второй по значимости элемент питания, играющий важную роль в формировании урожая и качества сельскохозяйственных культур.

Используя бактериальные удобрения на основе фосфатмобилизующих бактерий, можно повысить доступность труднорастворимых фосфатов для сельскохозяйственных культур. Из фосфатмобилизующих бактериальных удобрений в Беларуси наибольшее распространение получил фитогиммофос.

Фитогиммофос – фосфатмобилизующее бактериальное удобрение, действующим началом которого является живая культура и ростостимулирующие метаболиты микроорганизмов *Agrobacterium radiobacter*. Наряду со способностью трансформировать труднорастворимые фосфаты железа, алюминия и кальция в доступные для растений соединения фосфора, продуцент биопрепарата синтезирует биологически активные соединения (а-ИУК, рибофлавин, аминокислоты), а также хорошо приживается в ризосфере и колонизирует корни растений.

Фитостимофос эффективен при возделывании зерновых, зернобобовых и овощных культур, стимулирует прорастание семян, физиологические процессы в растениях. За счет повышения подвижности труднорастворимых фосфатов почвы позволяет компенсировать 15–30 % применяемых фосфорных удобрений. По обобщенным данным Института микробиологии НАН Беларуси, инокуляция семян сельскохозяйственных культур этим удобрением повышает урожайность в среднем на 20 %.

Фитостимофос изготавливается в жидкой форме, объем гектарной нормы – 0,2 л. Норма расхода Фитостимофоса, разбавленного в 10 л воды, для обработки 1 т семян яровой пшеницы составляет 1,1 л, для кукурузы – 5 л, зернобобовых – 1,0 л, соя – 2,5 л.

В целом ряде стран сейчас успешно применяют совместную инокуляцию семян различных культур препаратами азотфиксирующих и фосфатмобилизующих бактерий, что позволяет одновременно улучшать азотное и фосфорное питание растений.

Ризобактерин + Фитостимофос – синергические препараты на основе диазотрофных и фосфатмобилизующих микробов – интродуцентов. Форма препарата жидкая.

Ризофос выпускается трех марок: для галеги, люцерны и клевера. Предназначен для усиления азотфиксирующей способности бобовых культур и фосфатмобилизации. Повышает урожайность семян галеги на 6,7 ц/га, люцерны – на 2,7, клевера – на 2,6 ц/га, зеленой массы – на 4,1, 16 и 8 % соответственно. Норма расхода – 200 мл/га.

Технология внесения бактериальных удобрений. Наиболее эффективно проведение предпосевной обработки семян бактериальными удобрениями в день посева в специальных помещениях или под навесом. Инокуляция семян бактериальными удобрениями осуществляется в машинах для протравливания семян ПС-10, КПС-10, ПС-10А, Мобитокс-Супер, Грамакс-В, Хеге-11, Ребер при условии предварительной очистки от химических препаратов, содержащих ртуть.

Предпосевная обработка семян бактериальными удобрениями может проводиться как с применением прилипателя, так и без него. В качестве прилипателя можно использовать 2%-ный водный раствор NaKMnO_4 . Для приготовления рабочего раствора прилипателя используются емкости, оснащенные перемешивающим устройством. Высушенный и измельченный NaKMnO_4 растворяют в воде при температуре 40–45 °С. Для обеспечения равномерного набухания в расчетное количество полимера при

постоянном перемешивании добавляют 2/3 необходимого объема воды. Ориентировочная длительность перемешивания – 30–40 мин. В случае неполного растворения полимера перемешивание продолжают.

При работе с бактериальными удобрениями работники должны быть обеспечены спецодеждой и индивидуальными средствами защиты: резиновыми перчатками, защитными очками, респираторами. При работе с бактериальными удобрениями не следует допускать попадания брызг на кожу и в глаза, что может вызвать раздражение. При попадании жидкости на покровы кожи и в глаза их следует тщательно промыть обильным количеством воды.

Бактериальные удобрения следует хранить в сухих помещениях, защищенных от попадания осадков и прямых солнечных лучей, оптимальная температура хранения от 0 до +4 °С. Срок годности зависит от вида и препаративной формы бактериальных удобрений.

3.3. Определение потребности в органических удобрениях

С учетом основных факторов, определяющих баланс гумуса в почве (структуры посевных площадей, гранулометрический состав почв, уровень применения органических и минеральных удобрений, погодные и другие условия), для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве на 1 га пашни в республике необходимо вносить не менее 12 т/га органических удобрений в пересчете на 75%-ную влажность (табл. 3.12).

Институтом почвоведения и агрохимии НАН РБ разработаны нормативы потребности в органических удобрениях для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах республики (табл. 3.12, 3.13).

Таблица 3.12. Потребность в органических удобрениях для бездефицитного баланса гумуса по областям Республики Беларусь

Область	Требуется в год	
	тыс. т	т/га
Брестская	10670,5	15,5
Витебская	6497,5	8,3
Гомельская	14728,4	18,3
Гродненская	8913,1	12,4
Минская	13548,3	11,7
Могилевская	7616,2	10,4
Республика Беларусь	61973,9	12,5

Таблица 3.13. **Нормативы потребности в органических удобрениях для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах, т/га**

Почвы	% пропашных культур											
	10				20				30			
	% многолетних трав											
	15	20	30	40	15	20	30	40	15	20	30	40
Дерново-подзолистые: суглинистые	10	9	7	6	14	13	11	10	16	15	13	12
супесчаные	12	11	9	8	16	15	13	12	18	17	15	14
песчаные	14	13	11	10	19	18	16	15				

Если в почвах хозяйства не достигнуто оптимальное содержание гумуса, то, воспользовавшись табл. 3.14, можно установить дополнительную потребность в органических удобрениях для достижения положительного баланса гумуса.

Таблица 3.14. **Нормативы дополнительной потребности в органических удобрениях для достижения положительного баланса гумуса, т/га**

Содержание гумуса, %	Гранулометрический состав почвы			
	Суглинистые	Супесчаные, подстилаемые мореной	Супесчаные, подстилаемые песком	Песчаные
До 1,50	3,0	3,4	3,8	4,3
1,51–2,00	2,0	2,3	2,6	3,0
2,01–2,50	1,0	1,2	1,4	1,7
Более 2,50	0,5	0,6	–	–

Пример. В полевом севообороте на площади 1000 га на долю пропашных культур приходится 10 %, многолетних трав – 20 %. Почва суглинистая. Содержание гумуса – 1,81 %.

Для бездефицитного баланса гумуса в почве насыщенность органическими удобрениями равна 9 т/га, для положительного – необходимо на 2 т больше, а в сумме – 11 т/га. На 1 000 га севооборотной площади потребность в органических удобрениях составит 11 000 т.

Аналогичным образом определяют потребность в органических удобрениях для всех севооборотов в хозяйстве.

Потребность в органических удобрениях для перезалужения культурных сенокосов и пастбищ определяют, умножая дозы их внесения (40–50 т/га) на площадь, подлежащую перезалужению (15–20 % от всех площадей ежегодно подлежат перезалужению). Например, при ежегодном перезалужении на площади 100 га потребуются 4 000 т органических удобрений (40×100).

Если планируется коренное улучшение естественных сенокосов и пастбищ, дозы внесения органических удобрений на минеральных почвах рассчитываются так же, как и при перезалужении культурных сенокосов и пастбищ.

При возделывании кукурузы на постоянных участках (в монокультуре) насыщенность органическими удобрениями можно принять на уровне 20–30 т/га при внесении один раз в 2 года. Зная площадь посева кукурузы, легко вычислить потребность в органических удобрениях для этой культуры.

При подготовке почвы под посев люцерны рекомендуется вносить по 40–50 т/га органических удобрений.

Насыщенность органическими удобрениями в садах рекомендуется в дозах 15–20 т/га. Следует применять их раз в 2–3 года в дозе 30–60 т/га для плодовых культур (прил. 34, 35), для ягодников – (прил. 36–38).

Общая потребность в органических удобрениях для хозяйства в целом будет равна сумме расчетных величин потребностей в них для севооборотов, перезалужения культурных сенокосов и пастбищ, кукурузы в монокультуре, люцерны, садов и ягодников.

4. РАСЧЕТ НАКОПЛЕНИЯ НАВОЗА В ХОЗЯЙСТВЕ

Объем накопления и использования навоза в хозяйстве берут по фактическому его производству в среднем за последние три года. При отсутствии таких данных можно рассчитать возможное накопление навоза с учетом имеющегося в хозяйстве поголовья скота. Расчет рекомендуется производить в такой последовательности.

1. Имеющееся в хозяйстве поголовье скота переводят в условные головы, применяя следующие коэффициенты: коровы, быки, лошади – 1,0, прочий крупный рогатый скот – 0,6, свиньи – 0,3, овцы и козы – 0,1, птица – 0,02.

2. Определяют количество скота, содержащегося зимой на подстилке, летом – на пастбище, на подстилке при стойловом содержании круглый год и без подстилки в комплексах. Принимают, что от общего поголовья скота в условных головах 40 % содержится на подстилке зимой и летом на пастбище, 40 % – на подстилке в стойлах круглый год, 20 % – в комплексах без подстилки.

3. Определяют подстилочный материал и выход навоза от одной условной головы. В зависимости от способа содержания скота, вида и

количества подстилки выход подстилочного навоза на условную голову (с учетом неизбежных потерь – 15 %) в год будет равен:

- при стойловом содержании зимой и пастбищном – летом на соломенной подстилке при 6 кг в сутки на голову – 11,5 т, при 8 кг – 12,5 т, на торфяной подстилке при 4 кг верхового торфа на голову в сутки – 11,0 т, при 10 кг низинного торфа в сутки – 14 т;

- при круглогодичном стойловом содержании на соломенной подстилке при 6 кг в сутки на голову – 16 т, при 8 кг соломы – 17 т, на торфяной подстилке при 4 кг верхового торфа в сутки на голову – 15,5 т, при 10 кг низинного торфа – 17,5 т;

- выход бесподстилочного навоза на условную голову в год составляет 20 т.

Результаты расчетов по накоплению навоза в хозяйстве записывают в таблицу рабочей тетради и определяют накопление навоза в целом по хозяйству. При этом жидкий бесподстилочный навоз необходимо перевести в стандартный, используя формулу для расчета переводного коэффициента:

$$K = \frac{100 - \text{влажность исходная}}{100 - \text{влажность стандартная}}.$$

Например, исходная влажность жидкого навоза составляет 93 %. Пересчетный коэффициент:

$$K = \frac{(100 - 93)}{(100 - 75)} = \frac{7}{25} = 0,28.$$

В тех случаях, когда влажность органических удобрений не определяется, можно использовать усредненные переводные коэффициенты на базисную форму органических удобрений: для всех видов подстилочного навоза и компостов на его основе – 1,0, для полужидкого навоза при внесении без разбавления – 0,5, для жидкого навоза комплексов – 0,2, для навозных стоков – 0,06.

При расчете выхода органических удобрений в хозяйстве следует учитывать такой важный источник поступления органического вещества в почву, как расширение посева многолетних бобовых трав и их смесей со злаковыми травами, а также промежуточных культур. Расширение посевов многолетних трав на 1 га сверх норматива для дос-

тижения бездефицитного баланса гумуса на почвах с баллом 30–40 эквивалентно в среднем 15 т навоза, а с баллом 40–50 и выше – 20 т. Каждый гектар посева промежуточных и пожнивных культур при использовании зеленой массы на удобрение дает увеличение запаса органического вещества в почве при балле пашни от 30 до 50 на 8–10 т, а при использовании зеленой массы на корм и запашке корневых и пожнивных остатков – на 4–5 т/га.

Сопоставив потребность в навозе с выходом его, в хозяйстве разрабатывают мероприятия по увеличению выхода органических удобрений (увеличение нормы подстилки, приготовление компостов, использование зеленого удобрения и др.) и определяют площади возделывания многолетних трав и промежуточных культур в производственных подразделениях хозяйства.

При необходимости приготовления компостов планируют объем их приготовления и отражают в таблице рабочей тетради. Затем распределяют органические удобрения по объектам использования (севообороты, перезалужение, кукуруза и люцерна вне севооборота, сады), по видам удобрений. При этом учитывают насыщенность, принятую при определении потребности хозяйства в органических удобрениях.

Следует запланировать и изложить мероприятия по увеличению количества органических удобрений и упорядочению их хранения, если выход навоза в хозяйстве не покрывает его потребность. Необходимо отразить соотношение компостируемых реагентов (навоз подстилочный, полужидкий, жидкий, торф, солома, лигнин, птичий помет и др.) и показать технологию приготовления компостов.

5. РАЗРАБОТКА МНОГОЛЕТНИХ ПЛАНОВ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТАХ, НА ПАШНЕ И ДРУГИХ УГОДЬЯХ

В бланк курсовой работы следует вписать принятое чередование культур в севообороте, агрохимическую характеристику почвы, площади полей и угодий, уровни запланированных урожаев.

Разработку плана применения удобрений необходимо начать с органических удобрений в севообороте. С учетом принятой насыщенности определяют дозы и культуры, под какие будут вноситься органические удобрения. Желательно планировать внесение органических удобрений в севообороте с учетом продолжительности их действия (в условиях Беларуси через 4–5 лет).

Дозы внесения определяются наличием органических удобрений и биологическими особенностями культур. Хорошо отзываются на внесение органических удобрений и высоко оплачивают их урожаем такие культуры, как картофель, сахарная и кормовая свекла, капуста, огурцы, кукуруза, озимые зерновые, люцерна и другие многолетние травы.

С учетом сказанного следует принять правильное решение о дозах и месте внесения органических удобрений в севообороте. Например, в 8-польном севообороте при насыщенности органическими удобрениями 12,5 т/га можно при равновеликих полях внести под пропашные культуры (первое поле) 70 т/га, а под озимые (второе поле) – 30 т/га, так как масса их на 8 полей равна 100 т/га. Примерные дозы внесения органических удобрений под культуры приведены в прил. 2.

Для определения доз минеральных удобрений в агрохимической практике используют следующие методы:

- **балансовые** – на основе данных выноса урожаем питательных элементов и коэффициентов их использования из почвы и удобрений (прил. 39);

- **по результатам полевых опытов** – с применением поправочных коэффициентов на агрохимические свойства почв, а также с учетом действия других факторов, определяющих эффективность удобрений;

- **нормативные** – по нормативам затрат минеральных удобрений на единицу урожая или на прибавку урожая;

- **математические** – на основе производственных функций в системе «почва – растение – удобрение»;

- **целенаправленного регулирования плодородия почв.**

Все методы расчета доз удобрений можно разделить на две группы:

а) на получение планируемых урожаев сельскохозяйственных культур;

б) для проведения комплексного агрохимического окультуривания полей.

В первом случае в методиках расчетов применяются коэффициенты использования питательных элементов из почвы и удобрений, коэффициенты возмещения выноса, нормативы затрат удобрений, производственные функции.

При расчете доз удобрений для агрохимического окультуривания полей преследуется цель довести содержание питательных элементов в почве до оптимальных или заданных параметров. При этом используются нормативы изменения их содержания из расчета 10 мг/кг для раз-

личных типов почв, установленные на основании длительных полевых опытов с удобрениями.

Дозы минеральных удобрений D (кг/га) с применением коэффициентов использования питательных элементов из удобрений и почвы рассчитываются по формуле

$$D = \frac{100UV - PK_n}{K_y},$$

где U – планируемая урожайность, т/га (прил. 70);

V – нормативный вынос элементов с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг;

P – содержание питательных элементов в пахотном слое почвы, кг/га;

K_n и K_y – коэффициенты использования питательных элементов соответственно из почвы и удобрений, %.

При использовании нормативов затрат удобрений на единицу урожая применяют формулу

$$D = UH_1K,$$

где D – доза удобрений, кг/га;

H_1 – нормативы затрат удобрений на единицу урожая, кг/ц;

K – поправочный коэффициент на содержание подвижного фосфора и калия в почвах (при расчете доз азотных удобрений $K = 1$).

Формула для расчетов доз удобрений по нормативам затрат на единицу прибавки урожая имеет следующий вид:

$$D = U_n H_2 K,$$

где U_n – планируемый прирост урожайности за счет удобрений, ц/га;

H_2 – нормативы затрат удобрений на единицу прибавки урожая, кг/ц.

Нормативы затрат питательных элементов для формирования 1 ц урожая приведены в прил. 59.

Общую дозу фосфорных и калийных удобрений при агрохимическом окультуривании полей за ротацию севооборота или другой период времени рассчитывают по формуле

$$D = 0,1(C_1 \cdot C_2)H,$$

где C_1 и C_2 – соответственно планируемое и фактическое содержание питательных элементов в почве, мг/кг;

N – нормативная доза питательного элемента сверх выноса его с урожаем для увеличения содержания на 10 мг/кг почвы, кг/га (прил. 48, 49).

В сельскохозяйственном производстве чаще других используется балансовый метод определения доз минеральных удобрений с использованием коэффициентов возврата (коэффициентов возмещения выноса), который позволяет рассчитать оптимальную дозу удобрений для сельскохозяйственных культур как в целом по хозяйству, так и для конкретного поля или отдельно удобряемого участка.

Для расчета доз минеральных удобрений по коэффициентам возмещения выноса используется формула

$$D = \frac{УВК_v}{1000},$$

где K_v – коэффициент возмещения выноса, %;

V – нормативный вынос, кг.

Коэффициент возмещения выноса питательных элементов урожаем (K_v) определяется как отношение оптимальной дозы удобрения (D_{opt}) по результатам полевых опытов (кг/га д. в.) к выносу питательных элементов урожаем (V_{opt} , кг/га) в оптимальном варианте ($K_v = D_{opt} : V_{opt}$). Величина коэффициентов возмещения зависит от типа и гранулометрического состава почв, запасов в них фосфора и калия, биологических особенностей растений.

Разработаны коэффициенты возврата элементов питания, дифференцированные по интервалу урожайности возделываемых культур до 1 ц/га, что позволяет более точно определять потребность в минеральных удобрениях. По ряду сельскохозяйственных культур уточнены и дополнены прежние нормативы выноса элементов питания. Для загрязненных в результате аварии на ЧАЭС радионуклидами почв, которые находятся в сельскохозяйственном использовании, разработаны параметры дополнительной потребности в фосфорных и калийных удобрениях, соответствующие принятым в настоящее время в Республике Беларусь нормативным документам (табл. 13.2, 13.3).

5.1. Расчет оптимальных доз минеральных удобрений с использованием рекомендаций и компьютерных программ

Ориентировочно дозы органических и минеральных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры можно рассчитать, воспользовавшись рекомендуемыми дозами для дерново-подзолистых и торфяно-болотных почв, разработанных РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (прил. 60, 61).

В настоящее время для расчета доз удобрений широко используются компьютерные программы. Методика, разработанная в РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», предполагает расчет потребности в минеральных макро- и микроудобрениях на планируемый урожай и распределение их по ассортименту. При представлении входного документа по фактическим ресурсам удобрений (количество по видам и формам) методика предполагает вариант соответствующего распределения их по полям и культурам.

Для решения задачи по разработке системы удобрения сельскохозяйственных культур на компьютере заполняются два входных документа:

- размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур на 20__ год (прил. 3 и 4);
- количество и ассортимент минеральных удобрений, подлежащих распределению (прил. 5).

В форме «Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур» (прил. 3) в графах 2 и 3 указывается площадь поля и номера входящих в него элементарных участков. Удобряемое поле или участок могут включать один или несколько элементарных участков. Исходя из этой информации, компьютер, обращаясь к банку данных, будет определять необходимые параметры агрохимических свойств для расчета системы удобрения: pH_{KCL} , P_2O_5 , K_2O , гумус, В, Си, Zn и др.

Если в банке данных отсутствует необходимая информация о параметрах агрохимических свойств соответствующих полей, в графе 3 вместо номера элементарных участков указываются их соответствующие агрохимические показатели (pH_{KCL} , P_2O_5 (мг/кг), K_2O (мг/кг), гумус (%)) (прил. 4).

В графе 4 указывается балл плодородия поля (рабочего участка).

В графе 5 указывается код предшественника (прил. 6).

Признаки вегетации сельскохозяйственных культур (графа 6) классифицируются следующим образом: основная культура – 1, повторная (поздняя, поукосная) – 2, озимые урожая будущего года – 3.

Культура, непосредственно размещаемая на поле или рабочем участке, указывается в графе 7 в соответствии с ее кодом из прил. 6.

Планируемая урожайность сельскохозяйственных культур записывается один раз при ее первом упоминании во входном документе в графе 8. Дифференциация уровня урожайности по полям осуществляется с учетом реального плодородия, почвы (балла). Необходимо отметить, что урожай зерна до 40 ц/га (или соответствующего количества другой продукции) можно планировать и обеспечить получение на почвах при различном содержании фосфора и калия, однако для получения урожайности 60 ц и более необходимы хорошо окультуренные почвы с содержанием подвижного фосфора и калия не менее 200 мг/кг.

В графах 9–10 указывается планируемое внесение органических удобрений: код удобрений согласно прил. 18 и доза удобрения в т/га.

В графах 11–12 приводятся данные по радиоактивному загрязнению почв цезием-137 и стронцием-90.

Количество и ассортимент минеральных удобрений, подлежащих распределению (прил. 5), заполняется агрономом хозяйства (фермером) при желании иметь оптимизированную модель наиболее эффективного распределения форм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры. В этом документе указывается общее количество макро- и микроудобрений по видам в килограммах (кг) действующего вещества (д. в.), а также по формам в физической массе в килограммах.

Дифференциация заданных уровней урожайности сельскохозяйственных культур по полям и отдельно удобряемым участкам

Для расчета потребности в удобрениях во входном документе (прил. 3 или 4) землепользователем указывается планируемая урожайность по сельскохозяйственным культурам в среднем по хозяйству. Однако возможность формирования их урожайности на различных полях и рабочих участках не одинаковая и зависит от целого ряда факторов, важнейшими из которых являются почвенно-агрохимические характеристики почвы (тип и гранулометрический состав, степень

увлажнения, подстилаящая порода, основные агрохимические показатели (кислотность, содержание гумуса, подвижных соединений фосфора и калия и т. д.).

Комплексным показателем почвенного плодородия является бонитет. Поэтому наиболее объективно дифференцировать плановую урожайность культур по полям и рабочим участкам можно на основе их балльной оценки.

Алгоритм расчета дифференцированной по полям и рабочим участкам урожайности сельскохозяйственных культур

Расчет урожайности сельскохозяйственных культур по полям и рабочим участкам производится в следующей последовательности:

а) выделяются все поля или рабочие участки, где планируется возделывание данной культуры и рассчитывается средневзвешенный оценочный балл плодородия почвы (B_c):

$$B_c = \frac{(B_1 \cdot S_1) + (B_2 \cdot S_2) + \dots + (B_n \cdot S_n)}{S_1 + S_2 + \dots + S_n},$$

где $B_{1, 2, \dots, n}$ – балл плодородия по полям или рабочим участкам;

$S_{1, 2, \dots, n}$ – площади полей или рабочих участков;

б) определяется цена урожайности (Π_y) в расчете на один средневзвешенный балл:

$$\Pi_y = \frac{Y_x}{B_c},$$

где Y_x – планируемая урожайность культуры в целом по хозяйству, ц/га;

в) производится расчет дифференцируемой урожайности (Y_d) по каждому полю или рабочему участку:

$$Y_d = B_{1, 2, \dots, \text{вх}} \cdot \Pi_y.$$

Дозы минеральных удобрений (азотных, фосфорных, калийных) под сельскохозяйственные культуры рассчитываются балансовым методом с использованием коэффициентов возврата элементов питания и поправочных величин к коэффициентам возврата. При расчетах учитываются биологические особенности культурных растений (вынос элементов питания с 10 ц основной и соответствующего количества

побочной продукции, способность растений усваивать элементы питания из почвы, минеральных и органических удобрений, симбиотическая фиксация азота), почвенно-агрохимические условия (тип и гранулометрический состав почвы, степень кислотности, содержание гумуса, подвижных форм фосфора, калия, а также микроэлементов), уровень планируемых урожаев, вид и количество вносимых органических удобрений под основную и предшествующую культуру.

Коэффициенты возмещения выноса элементов питания и поправочные величины к ним разработаны на основании обобщения полевых опытов с удобрениями, проведенными научно-исследовательскими учреждениями Республики Беларусь с использованием интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

5.1.1. Биологические особенности сельскохозяйственных культур

В основе расчетов доз удобрений лежит вынос элементов питания планируемым урожаем. Вынос элементов питания планируемым урожаем определяется путем умножения планируемого урожая на удельный (нормативный) вынос элементов питания с 10 ц основной и соответствующего количества побочной продукции (прил. 6). Удельный (нормативный) вынос, используемый для расчетов, разработан Институтом почвоведения и агрохимии на основании обобщения результатов полевых опытов с удобрениями, проведенными научно-исследовательскими учреждениями Республики Беларусь.

Из биологических особенностей предшествующих культур учитывается их способность к азотонакоплению в почве для последующих сельскохозяйственных культур. В связи с этим выделяются пять групп предшественников:

- многолетние бобовые травы – коды 691–695, 698;
- однолетние бобовые травы – коды 611–618;
- многолетние бобово-злаковые травы – коды 687–688;
- однолетние бобово-злаковые травы – коды 221–224, 620–621, 651;
- зернобобовые культуры – коды 211–218.

Если сельскохозяйственные культуры размещаются после однолетних и многолетних бобовых трав (коды 61–618, 69–695, 698), то расчетная доза азотных удобрений уменьшается на 20 кг/га, если предшественниками являются зернобобовые культуры, однолетние и многолетние бобово-злаковые травосмеси (коды 211–218, 221–224, 620–621, 651, 687–688), то доза азота снижается на 10 кг/га.

При возделывании однолетних и многолетних бобовых трав, а также зернобобовых культур (коды 211–218, 611–618, 691–695, 698) внесение азотных удобрений не предусматривается.

5.1.2. Почвенные условия

Дозы минеральных удобрений дифференцируются в зависимости от типа и гранулометрического состава почв. Дифференциация осуществляется по трем основным группам почв.

1. Дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные, подстилаемые мореной.

2. Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные, подстилаемые песками.

3. Торфяно-болотные.

Коэффициенты возмещения выноса элементов питания и поправочные величины по группам почв и сельскохозяйственным культурам приведены в прил. 7–15.

В зависимости от содержания фосфора и калия в почве (табл. 5.1) коэффициенты возмещения выноса фосфора и калия дифференцируются по группам (прил. 10–15). Коэффициенты возмещения выноса азота разработаны с учетом данных по влиянию азотных удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур (прил. 7–9).

Таблица 5.1. Группы по содержанию подвижных форм фосфора и калия в почве (0,2 М HCl – по Кирсанову)

Группа	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы		Содержание K ₂ O, мг/кг почвы	
	Минеральные почвы	Торфяно-болотные почвы	Минеральные почвы	Торфяно-болотные почвы
1	Менее 60	Менее 200	Менее 80	Менее 200
2	61–100	201–300	81–140	201–400
3	101–150	301–500	141–200	401–600
4	151–250	501–800	201–300	601–1000
5	251–400	801–1200	301–400	1001–1300
6	Более 400	Более 1200	Более 400	Более 1300

С целью регулирования содержания в почвах элементов питания и более эффективного использования удобрений для почв с оптимальным содержанием P₂O₅ и K₂O (табл. 5.2) дозы фосфорных и калийных удобрений рассчитываются на уровне, необходимом для получения планируемых урожаев и поддержания плодородия почвы на оптимальном уровне.

Таблица 5.2. **Оптимальные параметры агрохимических свойств почв**

Гранулометрический состав почвы	pH _{KCl}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	MgO, мг/кг	Гумус, %
Глинистые и суглинистые	6,0–6,7	250–300	200–300	150–300	2,5–3,0
Супесчаные	5,5–6,2	200–250	170–250	120–150	2,0–2,5
Песчаные	5,5–5,8	150–200	100–150	80–100	1,8–2,2
Торфяно-болотные	5,0–5,3	700–1000	600–800	450–900	–
Минеральные почвы сенокосов и пастбищ	5,8–6,2	120–200	150–200	90–120	3,5–4,0

На бедных почвах возмещение фосфора и калия рассчитывается таким образом, чтобы обеспечить планируемый урожай сельскохозяйственных культур и повышение содержание подвижных форм фосфора и калия на 10–40 мг/кг на 5-польную ротацию севооборота. При высоком содержании P₂O₅ и K₂O в почве планируются лишь стартовые дозы фосфора и калия (20–30 кг/га д. в.), внесение которых возможно при посеве.

Расчет доз азотных удобрений (D_N) выполняется по формуле

$$D_N = \frac{B \cdot (Y_6 + Y_n) \cdot (K_{вб} - Y_n \Pi_k)}{1000} - B_n,$$

где B – нормативный (удельный) вынос питательных веществ с 10 ц основной и соответствующего количества побочной продукции, (прил. 6), кг;

Y₆ – базовая (минимальная) урожайность (прил. 7–9), ц/га;

Y_n – планируемый прирост урожайности, ц/га;

K_{вб} – коэффициент возврата при базовой урожайности (прил. 7–9, 63), %;

Π_k – поправочная величина к коэффициенту возврата (прил. 7–9);

B_n – поправка к дозе азотных удобрений в зависимости от биологических особенностей предшественников (коды 611–618, 691–695, 698 – 20 кг/га, коды 211–218, 221–224, 620–621, 651, 687–688 – 10 кг/га).

Расчет доз фосфорных удобрений (D_{P₂O₅}) выполняется по формуле

$$D_{P_2O_5} = \frac{B \cdot (Y_6 + Y_n) \cdot (K_{вб} - Y_n \Pi_k) \cdot K_{pH}}{1000} + K_{рад},$$

где Y_6 – базовая (минимальная) урожайность (прил. 10–12), ц/га;
 $K_{в6}$ – коэффициент возврата при базовой урожайности (прил. 10–12, 64), %;
 P_k – поправочная величина к коэффициенту возврата (прил. 10–12);
 K_{pH} – коэффициент корректировки дозы P_2O_5 в зависимости от степени кислотности почвы (при $pH_{KCL} < 5,0$ – $K_{pH} = 1,2$; при $pH_{KCL} 5,1–5,5$ – $K_{pH} = 1,1$; при $pH_{KCL} > 5,5$ – $K_{pH} = 1,0$);
 $K_{рад}$ – дополнительная потребность в фосфорных удобрениях на загрязненных радионуклидами почвах (табл. 13.2).

Расчет доз калийных удобрений (D_{K_2O}) выполняется следующим образом:

$$D_{K_2O} = \frac{B \cdot (Y_6 + Y_n) \cdot (K_{в6} - Y_n P_k) \cdot K_{pH}}{1000} + K_{рад},$$

где Y_6 – базовая (минимальная) урожайность (прил. 13–15), ц/га;
 $K_{в6}$ – коэффициент возврата при базовой урожайности (прил. 13–15), %;
 P_k – поправочная величина к коэффициенту возврата (прил. 13–15);
 K_{pH} – коэффициент корректировки дозы K_2O для культур-кальциефобов (картофель, лен, люпин) в зависимости от степени кислотности почвы (при $pH_{KCL} < 5,6$ – $K_{pH} = 1,0$; при $pH_{KCL} 5,6–6,0$ – $K_{pH} = 1,1$; при $pH_{KCL} > 6,0$ – $K_{pH} = 1,2$);
 $K_{рад}$ – дополнительная потребность в калийных удобрениях на загрязненных радионуклидами почвах (табл. 13.3).

Следует учитывать, что алгоритмы расчета доз минеральных удобрений построены с использованием коэффициентов возврата и поправочных величин, при разработке которых уже учтены рекомендуемые дозы органических удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур (картофель, кормовые корнеплоды, сахарная свекла и кукуруза – 60 т/га, озимые зерновые культуры – 20 т/га), а также их последствие. Если при возделывании сельскохозяйственных культур по каким-либо причинам органические удобрения не применяются или применяются в иных дозах, корректировка рассчитанных доз минеральных удобрений проводится по формуле

$$D_{NPK} = (H_0 T_0 + H_1 T_1),$$

где D_{NPK} – доза азота, фосфора и калия, содержащаяся в органических удобрениях;

N_0 – доза органических удобрений в год возделывания культуры, т/га;

T_0 – количество элементов питания, используемое из одной тонны органических удобрений в год их внесения (прил. 16), кг;

N_1 – доза органических удобрений под предшественник, т/га;

T_1 – количество элементов питания, используемое из одной тонны органических удобрений во второй год действия (прил. 16), кг.

Приведенные формулы расчета доз азота, фосфора и калия с новой дифференциацией коэффициентов возмещения и поправочных величин к ним отражают нелинейный характер действия минеральных удобрений с выражением зоны их оптимального диапазона в зависимости от уровня почвенного плодородия и биологических особенностей культур.

Для исключения негативного влияния высоких доз удобрений вводятся экологические ограничения на применение азотных удобрений. Для минеральных удобрений разработан справочник контроля предельных доз удобрений, позволяющий исключить возможные ошибки при разработке системы удобрения (прил. 17).

Результаты исследований, проведенных с озимыми зерновыми культурами, показывают, что при возделывании на почвах с недостаточно высоким уровнем плодородия целесообразно предпосевное внесение небольших доз азотных удобрений – 30 % от расчетной дозы на планируемую урожайность. Осеннее внесение азота под озимые зерновые культуры исключается в следующих случаях:

а) при возделывании на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах с содержанием гумуса более 2,0 %;

б) при размещении после бобовых предшественников;

в) если действие и последствие органических удобрений, вносимых на указанном поле, составляет более 20 кг/га азота.

Для определения количества потребляемого из органических удобрений азота в осенний период (N_0) используется формула

$$N_0 = (N_0 T_0 + N_1 T_1),$$

где N_0 – доза органических удобрений, планиваемая под возделываемую культуру, т/га;

T_0 – количество элементов питания, используемое из одной тонны органических удобрений в год их внесения (прил. 16), кг;

N_1 – доза органических удобрений, внесенная под предшествующую культуру, т/га;

T_1 – количество элементов питания, используемое из одной тонны органических удобрений во второй год действия (прил. 16), кг.

Следует также учитывать, что практически все применяемые в Республике Беларусь фосфорсодержащие удобрения (аммонизированный суперфосфат, аммофос, аммофосфат, диаммонийфосфат) содержат от 4 до 18 % азота, который озимые зерновые культуры используют с осени при предпосевном внесении фосфорсодержащих удобрений. При внесении полной дозы фосфорсодержащих удобрений азот, содержащийся в них, также учитывается при разработке системы удобрения.

Для озимых зерновых культур урожая текущего года в выходном документе дозы фосфорных и калийных удобрений не приводятся, а по азотным указывается доза, предназначенная для внесения в осенне-летний период.

Для перевода рассчитанных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений в действующем веществе на физический вес необходимо использовать содержание питательных веществ в удобрениях, приведенное в прил. 19, или рассчитать по формулам:

$$H = \frac{D}{C} \cdot 100; \quad D = \frac{HC}{100},$$

где H – доза удобрения в физической массе, кг/га;

D – доза удобрения в действующем веществе, кг/га;

C – содержание питательных веществ в удобрении, %.

5.1.3. Варианты разработки системы удобрения сельскохозяйственных культур

Разработка системы удобрения сельскохозяйственных культур осуществляется по двум основным вариантам:

- с использованием материалов по агрохимической характеристике почв из автоматизированной базы данных (входной документ, прил. 3);
- с использованием материалов по агрохимической характеристике почв без базы данных (входной документ, прил. 4).

По обоим вариантам использования данных агрохимических свойств почв проводятся следующие расчеты:

- расчет оптимальных доз минеральных удобрений в действующем веществе (базовый вариант);

- базовый вариант дополняется корректировкой доз удобрений (в действующем веществе) по имеющимся в хозяйстве ресурсам удобрений;

- распределение ассортимента минеральных удобрений (в физической массе).

Третий вариант реализуется как завершающий этап системы удобрения при предоставлении информации о количестве имеющихся в хозяйстве форм удобрений (в тоннах физической массы). При этом содержание питательных веществ в различных туках оценивается по классификатору минеральных удобрений (прил. 65).

При отсутствии информации по ассортименту удобрений заказчик может ограничиться указанием во входном документе ресурсов удобрений в тоннах действующего вещества. В этом случае система удобрения при достаточном количестве удобрений реализуется в первом варианте, при неполном обеспечении – во втором.

Распределение ассортимента по сельскохозяйственным культурам осуществляется, исходя из агрохимических и физических свойств различных форм и видов удобрений, их влияния на урожай и качество продукции, технологичности внесения (прил. 66).

Если фактическое наличие минеральных удобрений в хозяйстве превышает рассчитанную потребность в элементах питания, то в выходном документе показывается остаток нераспределенных удобрений по видам и формам.

Если ресурсы хозяйства не обеспечивают внесение удобрений по полной потребности, определяемой базовым (оптимальным) вариантом, то проводится корректировка доз удобрений по описанному ниже алгоритму. При этом откорректированные дозы (в кг/га действующего вещества) показываются отдельной строкой выходного документа.

Алгоритм корректировки доз азотных удобрений при недостатке ресурсов: вначале определяется коэффициент обеспеченности, равный отношению фактического наличия удобрений к потребности, затем (путем умножения потребности конкретного участка на коэффициент обеспеченности хозяйства) – откорректированная доза азота.

Корректировка доз фосфорных удобрений осуществляется следующим образом:

1. Определяется минимальная потребность в фосфорных удобрениях (Π_{\min}), для чего суммируются площади всех удобряемых полей и умножаются на минимальную дозу – 15 кг/га фосфора.

$$\Pi_{\min} = (S_1 + S_2 + \dots + S_n) \cdot 0,015).$$

2. Если фактическое наличие фосфорных удобрений больше минимальной потребности, то производятся следующие действия:

- рассчитывается относительный дефицит фосфорных удобрений ($D_{отн}$), тонн

$$D_{отн} = P_{общ} - P_{мин},$$

где $P_{общ}$ – общая потребность в фосфорных удобрениях, тонн д. в.;

- определяется % обеспеченности фосфором по отношению к относительному дефициту:

$$\%_{обесп} = D_{отн} / P_{общ},$$

- корректировка расчета доз фосфорных удобрений, превышающих 15 кг/га д. в., производится путем умножения их на % обеспеченности и площадь удобряемых участков.

3. Если фактическое наличие фосфорных удобрений меньше минимальной потребности, то все расчетные дозы уменьшаются до 15 кг/га д. в. и перемножаются на площади полей. Вначале расчеты производятся по всем зерновым культурам и далее по другим сельскохозяйственным культурам в порядке их представления в исходном документе. Расчеты прекращаются, когда количество распределяемых удобрений равняется количеству имеющихся у землепользователя фосфорных удобрений.

Корректировка доз калийных удобрений проводится в следующем порядке:

1. Определяется общий дефицит калийных удобрений ($D_{общ}$), тонн

$$D_{общ} = P_{общ} - \Phi_n,$$

где $P_{общ}$ – общая потребность в калийных удобрениях, тонн д. в.;

Φ_n – фактическое наличие калийных удобрений, тонн д. в.

2. Рассчитывается процент обеспеченности возделываемых культур калийными удобрениями:

$$\%_{обесп} = D_{отн} / P_{общ}.$$

3. Рассчитывается откорректированная доза удобрения ($D_{кор}$), кг/га

$$D_{кор} = D_{ф} \cdot \%_{обесп} \cdot S_{уч},$$

где $D_{ф}$ – фактическая доза калийных удобрений, кг/га д. в.;

$S_{уч}$ – площадь удобряемого участка, га.

5.1.4. Минеральные удобрения и их распределение под сельскохозяйственные культуры по ассортименту

Минеральные удобрения – неорганические соединения, содержащие необходимые для растений элементы питания, получаемые промышленным методом.

В зависимости от того, какие питательные элементы содержатся в них, удобрения подразделяют на простые и комплексные (сложные). Простые (односторонние) удобрения содержат один какой-либо элемент питания. К ним относятся фосфорные, азотные, калийные удобрения, а также некоторые микроудобрения. Комплексные (сложные), или многосторонние, удобрения содержат одновременно два или более основных питательных элементов. При этом элементы питания в комплексных удобрениях могут содержаться в одной грануле, молекуле или в виде смеси отдельных элементов.

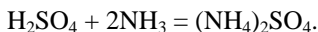
Азотные удобрения.

В зависимости от характера соединений азота азотные удобрения подразделяются на пять групп: аммиачные, аммонийные, нитратные, аммонийно-нитратные и амидные. Кроме того, отдельные азотные удобрения могут быть представлены смешанными формами, которые входят в состав азотных растворов, например, КАС. По физико-химическим свойствам азотные удобрения бывают жидкими, твердыми, кристаллическими, гранулированными, порошкообразными.

В настоящее время в Республике Беларусь основными азотными удобрениями являются карбамид-аммонийная смесь (КАС), сульфат аммония, карбамид (мочевина), аммиачная селитра.

Аммонийные.

Сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, содержащий около 21 % азота и 24 % серы, получают нейтрализацией серной кислоты аммиаком:



Образующийся в насыщенном растворе осадок $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ отделяют центрифугированием и высушивают. Также сульфат аммония является побочным продуктом коксохимического производства.

Сульфат аммония представляет собой кристаллические гранулы или порошок белого, серого, желтоватого цвета; хорошо растворяется в воде и сохраняет рассыпчатость, мало слеживается.

Сульфат аммония обладает подкисляющим действием на почву, особенно это негативное явление проявляется на кислых, малобуфер-

ных почвах. В связи с этим рекомендуется нейтрализовать сульфат аммония перед внесением его в почву: к 1 ц $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ добавить 1,3 ц CaCO_3 . Применяется для основного внесения и подкормок.

Сульфат аммония рекомендуется вносить под картофель, так как при его применении меньше накапливается нитратов в клубнях. Благодаря содержанию серы, сульфат аммония рекомендуется применять под культуры, положительно реагирующие на серу: бобовые, крестоцветные, гречиху.

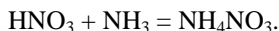
Хлористый аммоний NH_4Cl содержит 24–25 % азота и до 67 % хлора. Это побочный продукт аммиачно-содового производства:



Представляет собой кристаллы белого или желтого цвета, физиологически кислое удобрение. Из-за высокого содержания хлора не рекомендуется применять под культуры-хлорофобы (гречиха, картофель и др.).

Аммонийно-нитратные.

Аммиачная селитра (нитрат аммония, азотнокислый аммоний) NH_4NO_3 содержит 34–35 % азота, образуется при нейтрализации 50–60%-ной азотной кислоты газообразным аммиаком:



Аммиачная селитра в настоящее время выпускается в виде гранул диаметром 1–3 мм, а также в виде чешуек (чешуйчатая селитра), реакция нейтральная или слабокислая (на нейтрализацию 1 ц аммиачной селитры требуется до 0,75 ц CaCO_3). Аммиачная селитра очень гигроскопична, на воздухе отсыревает и слеживается, а также пожаро-взрывоопасна. В Республике Беларусь не производится, импортируется из-за рубежа, в основном из России.

В нашей стране она может применяться под все культуры для основного внесения и подкормок. Особенно хорошо себя зарекомендовала аммиачная селитра при ранневесенней подкормке озимых зерновых культур и озимого рапса.

Известково-аммиачная селитра ($\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) содержит 18–20 % азота, обладает лучшими физическими свойствами, чем аммиачная селитра. Широко производится и применяется в странах Западной Европы. В нашей стране ее не выпускают. Может применяться под все культуры для основного внесения и подкормок.

Нитратные.

К нитратным удобрениям относят натриевую и кальциевую селитру.

Натриевая селитра (NaNO_3) содержит 15–16 % азота и 26 % натрия, является побочным продуктом при производстве азотной кислоты из аммиака.

Натриевая селитра представляет собой мелкие кристаллы белого или желтоватого цвета, хорошо растворяется в воде, гигроскопична, в сухом состоянии и при правильном хранении сохраняет рассыпчатость и удобна для внесения.

Натриевая селитра – физиологически щелочное удобрение. Это благоприятно сказывается на кислых почвах, так как многократное внесение ее уменьшает гидролитическую и обменную кислотности, увеличивает сумму и степень насыщенности почв основаниями. Положительно влияет на урожай корнеплодов (сахарная, столовая и кормовая свекла) вследствие наличия натрия.

Кальциевая селитра $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ содержит 15,6 % азота и до 27 % кальция, образуется при нейтрализации 40–48%-ной азотной кислоты мелом или известью.

Она представляет собой кристаллы или чешуи белого цвета, гигроскопична, хорошо растворима в воде. Это физиологически щелочное удобрение в Республике Беларусь применяется для некорневых подкормок в овощеводстве защищенного грунта.

Амидные.

Карбамид (мочевина) ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) содержит 46 % азота и является высококонцентрированным азотным удобрением. Образуется при взаимодействии CO_2 с NH_3 при высоком давлении и температуре. Исходными продуктами для производства синтетической мочевины являются газообразный или жидкий аммиак и углекислый газ, выпускается в гранулированном виде. Гранулированный карбамид обладает хорошими физическими свойствами, практически не слеживается, сохраняет хорошую рассеиваемость. Однако при грануляции под влиянием температуры в карбамиде образуется биурет, который при содержании более 2 % может угнетать рост растений. Карбамид – биологически и физиологически кислое удобрение и для нейтрализации его 1 ц требуется до 0,9 ц CaCO_3 .

При поверхностном внесении карбамида без заделки в почву и при отсутствии осадков могут быть частичные потери азота в виде аммиака, особенно на почвах с нейтральной и щелочной реакцией.

Карбамид – ценное азотное удобрение. Применяется под различные сельскохозяйственные культуры для основного внесения и подкормок, в том числе в виде водного раствора и баковых смесей. По действию на урожай сельскохозяйственных культур его можно поставить в один ряд с NH_4NO_3 .

Карбамид широко применяется не только как непосредственное удобрение, но и как компонент для производства сложных удобрений, а также для производства новых видов медленнодействующих азотных удобрений. В связи с более высокой экономичностью использования карбамида и других высококонцентрированных азотных удобрений низкопроцентные азотные удобрения постепенно теряют значение в общем балансе потребления азотных удобрений.

Карбамид (мочевина) с регулятором роста растений – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ содержит 46 % азота в амидной форме и регулятор роста растений гуминовой природы, выделенный из торфа, – гидрогумат и (или) оксигумат (0,05–0,1 %).

По внешнему виду карбамид с регулятором роста растений представляет собой гранулы светло-коричневого цвета, характеризуется хорошими физико-химическими свойствами, обладает пролонгированным сроком действия и обеспечивает питание растений азотом в течение всего периода вегетации сельскохозяйственных культур, степень растворимости его в воде и в почве в 1,1–1,3 раза медленнее, чем стандартного карбамида.

Рекомендуется для основного внесения и подкормок под все полевые и овощные культуры на почвах разного гранулометрического состава.

Промышленное производство карбамида с регулятором роста растений гидрогумат осуществляется на ОАО «Гродно-Азот», Республика Беларусь.

Аммиачные.

Безводный аммиак (NH_3) – самое концентрированное азотное удобрение с содержанием азота 82 %. Получается сжижением газообразного аммиака под давлением. По внешнему виду это бесцветная жидкость с удельным весом 0,61 при 20°. При хранении в открытых сосудах быстро испаряется. Поэтому его хранят и перевозят в специальных толстостенных стальных цистернах, рассчитанных на давление 25–30 атм. Аммиак является сильнодействующим ядовитым веществом (СДЯВ), поэтому при работе с ним необходимо соблюдать строгие меры безопасности.

Применяется как основное удобрение под все сельскохозяйственные культуры с обязательной заделкой в почву на глубину до 20 см.

Аммиачная вода (водный аммиак) – раствор аммиака в воде. Содержит до 20 % азота (25%-ный раствор аммиака). Аммиачная вода имеет невысокое давление, не разрушает черные металлы. Поэтому для работы с ней используют резервуары из обычной углеродистой стали.

Технология применения и внесения аммиачной воды такая же, как и безводного аммиака.

Жидкое азотное удобрение КАС ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$) – смесь растворов карбамида и аммиачной селитры с содержанием азота 28–32 %. Бесцветная или желтоватая жидкость со слабым запахом аммиака. Безопасно в применении. Плотность раствора КАС 1,28–1,32 г/см³, свободного аммиака – 0,3–0,5 %, рН – 8,5–8,9. Температура кристаллизации растворов с содержанием азота 28–32 % от –28 до –2 °С, замерзает КАС при температуре минус 26,5 °С (после разморозки свойства КАС полностью восстанавливаются). В отличие от других жидких удобрений (безводный аммиак, аммиачная вода) КАС практически не содержит свободного аммиака, что исключает потери азота и его можно вносить в почву без потерь азота в газообразной форме. При внесении КАС достигается точная дозировка и равномерность внесения. Растворы КАС можно использовать для основного внесения в почву, а также для некорневых подкормок всех сельскохозяйственных культур как с разбавлением водой, так и без. Растворы КАС являются хорошей основой для приготовления и производства комплексных удобрений, различных баковых смесей с микроэлементами, регуляторами роста и средствами защиты растений.

Фосфорные удобрения.

Все фосфорные удобрения можно разделить на три группы: 1) содержащие водорастворимые фосфорные соединения (двойной и простой суперфосфат, суперфос); 2) содержащие фосфор, нерастворимый в воде, но растворимый в слабых кислотах (лимонной кислоте) и лимоннокислом аммонии (преципитат, термофосфаты, томасшлак, мартеновский фосфатшлак, обесфторенный фосфат); 3) содержащие фосфорные соединения, которые не растворяются ни в воде, ни в слабых кислотах (не усваиваются большинством культур, однако под действием кислотности почвы, корневых выделений растений, сопутствующих физиологически кислых удобрений и т. д. фосфор этих удобрений постепенно переходит в усвояемую для растений форму – фосфоритная мука, костная мука, вивианит).

Поскольку большинство почв нашей страны имеют реакцию, близкую к оптимальной, то на них наиболее эффективны удобрения с водорастворимыми формами фосфорных соединений. В мире наиболее широко применяется эта группа удобрений. Однако из-за сильного истощения сырьевых ресурсов и, соответственно, дефицита сырья в целом простой и двойной суперфосфат в Беларуси не выпускают. В большинстве своем линейка фосфорных удобрений в республике представлена комплексными удобрениями (аммофос, аммонизированный суперфосфат, сульфаммофос, монофосфат калия и комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения).

Водорастворимые фосфорные удобрения.

Суперфосфат простой ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) содержит 19–21 % P_2O_5 . В готовом суперфосфате всегда содержится около 5–5,5 % P_2O_5 свободной фосфорной кислоты и до 40 % гипса. При получении простого суперфосфата концентрация P_2O_5 в суперфосфате в 2 раза меньше, чем в исходном материале. Поэтому для его изготовления необходимо брать высокопроцентные фосфаты (32–40 % P_2O_5), чтобы получить суперфосфат с 19–21 % P_2O_5 .

Гранулированный суперфосфат (19–21 % P_2O_5) обладает хорошими физическими свойствами, при хранении не слеживается, а при внесении хорошо рассеивается. Одним из главных его преимуществ перед порошковидным суперфосфатом является то, что он меньше соприкасается с частицами почвы, чем ослабляется закрепление P_2O_5 почвой. Высокая эффективность гранулированного суперфосфата при рядковом внесении в почву обуславливается не только ослаблением связывания P_2O_5 , но и более высокой окупаемостью.

Простой суперфосфат – хорошее удобрение для всех типов почв и для всех сельскохозяйственных культур, особенно хорошо отзывающихся еще и на серу, что удовлетворяется присутствием в нем гипса. Однако низкое содержание фосфора снижает его транспортабельность, а следовательно, и экономическую эффективность. Необходим выпуск более концентрированных форм фосфорных удобрений.

Двойной суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – высококонцентрированное фосфорное удобрение, содержащее до 43–49 % P_2O_5 . Фосфор присутствует в нем в виде монокальция фосфата и свободной фосфорной кислоты (до 1,5 %), не содержит гипса. Это гранулы светло-серого цвета. Производство двойного суперфосфата включает две стадии. Сначала из фосфорита или апатита получают фосфорную кислоту, затем отделяют от осадка, упаривают для повышения концентрации и обрабатывают ей фосфориты.

Благодаря высокому содержанию P_2O_5 двойной суперфосфат является транспортабельным. Повышенная концентрация обуславливает экономию при транспортировке и хранении этого удобрения. Поэтому стоимость применения 1 т P_2O_5 двойного суперфосфата оказывается ниже на 8–13 %, чем простого суперфосфата.

По своему действию двойной суперфосфат при равной дозе (по фосфору) не отличается от простого суперфосфата и его можно применять под все культуры на всех типах почв.

Суперфос – новое концентрированное фосфорное удобрение с содержанием P_2O_5 38–41 %, причем до половины – в водорастворимой форме. Получают это удобрение путем химического обогащения и активирования фосфоритной муки смесью серной и фосфорной кислот. Для производства 1 т P_2O_5 в суперфосе используется 1–1,3 т H_2SO_4 и 0,36 т H_3PO_4 , что на 25–30 % меньше, чем при производстве двойного гранулированного суперфосфата. Суперфос выпускают в гранулированном виде. По агрономической эффективности суперфос практически не уступает суперфосфатам.

Фосфорные удобрения, содержащие фосфорные соединения, нерастворимые в воде, но растворимые в слабых кислотах (их характеристики представлены как справочный материал)

Преципитат (дикальций фосфат) $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ содержит 25–35 % P_2O_5 в зависимости от исходного фосфатного сырья. Это белый или светло-серый порошок, обладающий хорошими физическими свойствами (не слеживается и хорошо рассеивается). Фосфорная кислота преципитата растворяется в лимоннокислом аммонии (цитратно-растворимая) и доступна растениям. Можно применять на всех типах почв под все сельскохозяйственные культуры для основного внесения.

Томасшлак содержит фосфор в основном в виде тетракальций-фосфата ($4CaO \cdot P_2O_5$ или $Ca_4P_2O_9$) или силикокарнатита ($Ca_4P_2O_9 \times CaSiO_3$) с содержанием 8–20 % P_2O_5 . По стандарту в нем должно быть не менее 14 % лимонно-растворимого оксид фосфора (P_2O_5). Это щелочное удобрение, сильно пылящий порошок темно-серого цвета, получаемое размолом побочного продукта (шлака) путем переработки богатых фосфором чугунов по щелочному методу на сталь и железо.

Лимонно-растворимого P_2O_5 в томасшлаке содержится 75–90 % от общего содержания. В его состав входят также соединения железа, алюминия, магния, марганца, молибдена, ванадия и других элементов. Возможно применение в основное внесение на кислых почвах.

Термофосфаты содержат 18–34 % лимонно-растворимого P_2O_5 и 12 % MgO , производятся путем сплавления или спекания природных фосфатов (фосфоритов или апатитов) с щелочными солями (содой,

поташем и др.), с природными щелочными силикатами, металлургическими шлаками, известью, кварцем и другими соединениями. Иногда имеют формулу $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{MgSiO}_3$.

Термофосфаты имеют щелочную реакцию, могут применяться как основное удобрение на легких почвах.

Обесфторенные фосфаты $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ производят из апатита путем обработки водяным паром его смеси с небольшим количеством песка (2–3 % кремнезема) при температуре 1 400–1 450 °С. Удобрение содержит 28–32 % лимонно-растворимого P_2O_5 , причем 70–90 % всех фосфорных соединений обесфторенного фосфата растворяется в 2%-ном растворе лимонной кислоты. Обладает хорошими физическими свойствами. Используют для основного внесения.

Мартеновский фосфатшлак представляет собой отходы металлургического производства во время выплавки стали, содержит от 3 до 12 % P_2O_5 и микроэлементы (молибден, медь, кобальт и др.), растворим в 2%-ном растворе лимонной кислоты. Порошок темного цвета с сильнощелочной реакцией среды. Применяется как основное удобрение на кислых почвах.

Фосфорные удобрения, нерастворимые в воде и в слабых кислотах и труднодоступные для растений.

Фосфоритная мука – самое дешевое из всех фосфорных удобрений, содержит P_2O_5 в форме $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Приготовление фосфоритной муки весьма просто. Фосфорит освобождается от посторонней примеси (гипса, песка и др.), затем дробится и размалывается до состояния тонкой муки (80 % муки должно проходить через сито с диаметром 0,17 мм). Выпускается фосфоритная мука со следующим содержанием P_2O_5 (%): высший сорт – 25; первый сорт – 22, второй сорт – 19. Как правило, для производства фосфоритной муки используются низкопроцентные фосфориты, малопригодные для химической переработки. Используют для основного внесения на кислых почвах.

Костная мука – побочный продукт переработки костей. Содержит до 34 % P_2O_5 в виде $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ и других соединений. Широко применяется и для минеральной подкормки животных.

Вивианит (болотная руда) $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ может содержать до 28 % P_2O_5 – фосфорнокислая закисная соль железа. Встречается под слоем торфа в виде белесой массы и добывается при торфоразработках. Вивианит легко разрыхляется при высыхании и неплохо рассеивается. Это удобрение можно применять на кислых почвах для основного внесения.

Калийные удобрения.

Удобрения, содержащие калий, производят из природных руд, содержащих калий от 8 до 20 % (в пересчете на K_2O). Значительные отложения калийных солей имеются в России, Беларуси, Канаде, США, Иордании и других странах. Калийные удобрения можно разделить на простые калийные удобрения и концентрированные калийные удобрения. По содержанию хлора калийные удобрения подразделяют на хлорсодержащие и бесхлорные.

Концентрированные калийные удобрения.

Они являются продуктом промышленной переработки калийсодержащих руд, содержат более 30 % K_2O . Сюда относят хлористый калий, сернокислый калий. Также к этой группе относят 30–40%-ные калийные соли, получаемые методом смешивания хлористого калия, калия-электролита или поташа с сырыми калийными солями, чаще с тонко размолотым сильвинитом, а время от времени и каинитом.

Хлористый калий (KCl – 60 % K_2O). Это главное калийное удобрение в Беларуси и России. В технических сортах, идущих на удобрение, содержится 50–60 % K_2O . Выпускается в виде гранул крупных и мелких кристаллов от белого до буро-красного цвета. Удобрение мало гигроскопично, но имеет свойство слеживаться.

Методы получения хлористого калия из природных калийных солей основаны на различной растворимости его и других компонентов сырых калийных солей (галургический метод) или плотности растворов (флотационный метод).

Хлористый калий можно применять на всех почвах, под все культуры, нуждающиеся в калийных удобрениях. Содержащийся в удобрении хлор не связывается в почвах и может вымываться. На легких почвах не рекомендуется вносить хлористый калий с осени из-за вымывания калия из почвы.

Сульфат калия или сернокислый калий (K_2SO_4) содержит 45–52 % K_2O . Производится методами обменного разложения KCl и $MgSO_4$.

Выпускается в виде мелкокристаллического порошка белого, сероватого или желтоватого цвета. Это удобрение обладает хорошими физическими свойствами, совершенно не гигроскопично и не слеживается. Оно особенно ценно для культур, чувствительных к хлору (овощные, гречиха, картофель).

30–40%-ная калийная соль ($KCl + KCl \cdot nNaCl$; 30–40 % K_2O) получается методом смешивания хлористого калия с сырыми калийными солями, почаше с тонко размолотым сильвинитом (30 %), а время от времени и каинитом (40 %). По внешнему виду калийная соль – мел-

кие пестро окрашенные кристаллы розового, оранжевого цвета; мало-гигроскопична и не слеживается. Вносить калийную соль лучше по осени.

За счет содержания до 35 % NaCl это наиболее подходящее удобрение для сахарной и кормовой свеклы, отзывчивых на натрий и мало-чувствительных к хлору.

Калий-электролит ($KCl \cdot MgCl_2$) – побочный продукт при производстве магния, содержит от 32 до 45 % K_2O в форме KCl, около 30 % NaCl, 2–3 % $MgCl_2$ и 16 % Na_2O . Удобрение содержит много хлора, в связи с чем его рекомендуют вносить осенью, под нечувствительные к нему культуры.

Поташ (K_2CO_3) – содержит 55–60 % K_2O , это высококонцентрированное бесхлорное удобрение, сильнощелочное, очень гигроскопично. Рекомендуются его внесение на кислых почвах, под культуры, чувствительные к хлору.

Из всех калийных удобрений, применяемых в АПК Беларуси, более 95 % занимает хлористый калий, ограниченно используется сульфат калия (около 1 %) и порядка 1,5–2,0 % калия вносится с комплексными удобрениями.

Простые калийные удобрения.

Содержат до 30 % K_2O , это естественные калийные руды. Размолотые руды называют сырыми удобрениями (каинит, сильвинит, калимаг, калиймагнезия).

Каинит ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$) содержит не менее чем 10 % K_2O , Mg – 6–7 %, Cl – 32–35 %, Na_2O – 22–25 % и SO_4 – 15–17 %. Это крупнокристаллическая соль серо-розового цвета, мало-гигроскопична, не слеживается. Получают ее путем размалывания каинитовой или каинитово-лангбейнитовой породы.

Сильвинит ($nKCl \cdot nNaCl$) содержит не менее чем 12–18 % K_2O (на 1 кг K_2O приходится 3,8 кг Cl и 2,5 кг Na_2O). Это крупнокристаллическая соль белого, розового, бурого, иногда синеватого цвета, мало-гигроскопична, хорошо рассеивается. Получают ее путем размалывания сильвинитовой руды. Удобрение лучше вносить осенью под культуры, отзывчивые на натрий (сахарная свекла, кормовые корнеплоды). Из-за высокого содержания хлора не рекомендуется вносить под культуры, чувствительных к хлору (овощные, гречиха, картофель).

Калиймагнезия ($KSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$) содержит 28–30 % K_2O и 8–10 % Mg. Производят в гранулированной и порошковидной формах. Применяют, как правило, под хлорофобные культуры. Эффективность данного удобрения существенно возрастает на почвах легкого гранулометрического состава.

Калимаг (16–19 % K_2O) производится из минерала лангбейнита ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$) после размалывания минерала и удаления из него $NaCl$ выщелачиванием. Примерный химический состав этого удобрения: K_2SO_4 – 39 %, $MgSO_4$ – 55 %, $NaCl$ – до 1 %, нерастворимого остатка – 5 %. Удобрение негигроскопично, не слеживается. Применяют преимущественно на культурах, чувствительных к хлору.

Комплексные удобрения.

Комплексные удобрения содержат два и более основных питательных для растений элементов (азот, фосфор, калий). В зависимости от способа получения комплексные удобрения можно разделить на три основных вида.

1. Сложные удобрения производят в едином технологическом цикле в результате химического взаимодействия исходных компонентов. В каждой молекуле или грануле этого вида удобрения содержатся два и более питательных элемента.

2. Сложносмешанные удобрения получают «мокрым способом» – смешиванием порошкообразных односторонних удобрений с последующим или одновременным введением в смесь аммиаков, различных кислот и других азот- и фосфорсодержащих продуктов, а также аммиака, пара и воды.

3. Смешанные удобрения производят путем механического смешивания двух и более простых удобрений в гранулированном (гранулированные тукосмеси) или порошкообразном (порошкообразные тукосмеси) виде.

По составу они подразделяются на двойные (азотно-фосфорные (NP); азотно-калийные (NK); фосфорно-калийные (PK)) и тройные (азотно- фосфорно-калийные (NPK)). В их состав могут входить и другие макроэлементы, а также микроэлементы и регуляторы роста растений.

Кроме этого, промышленность выпускает жидкие (ЖКУ) и суспензированные (СЖКУ) комплексные удобрения, производство которых основано на взаимодействии различных жидких, газообразных и твердых продуктов и различных суспензирующих добавок.

Сложные комплексные удобрения.

Они содержат два или три питательных вещества в составе одного химического соединения. Их получают при химическом взаимодействии исходных компонентов. В их состав в процессе производства могут быть введены микроэлементы и другие модифицирующие добавки. К сложным удобрениям промышленного производства относятся такие удобрения, как калиевая селитра (KNO_3), аммофос ($NH_4H_2PO_4$), диаммофос ($(NH_4)_2HPO_4$), метафосфат аммония (NH_4PO_3),

метафосфат калия (KPO_3) и др. Эти удобрения не содержат балластных компонентов.

Аммофос ($NH_4H_2PO_4$) выпускается в гранулированном виде, содержит от 9 до 13 % азота и от 35 до 52 % фосфора. Обладает хорошими физическими свойствами: не слеживается, не токсичен, пожаро- и взрывобезопасен, хорошо рассеивается. Используется для основного внесения под все сельскохозяйственные культуры. В связи с широким соотношением между азотом и фосфором (1:4) аммофос можно эффективно использовать для основного внесения с осени под озимые зерновые культуры, а также для рядкового внесения при посеве других культур. Удобрение выпускается без добавок, однако возможен выпуск аммофоса с модифицирующими добавками на основе микроэлементов и регуляторов роста.

Диаммофос ($(NH_4)_2HPO_4$) – это гранулированное удобрение темно-серого цвета, содержит 19–21 % азота и 48–53 % P_2O_5 в водорастворимой форме. Обладает хорошими физическими свойствами, не слеживается и негигроскопично. Его можно использовать как для непосредственного внесения под все сельскохозяйственные культуры, так и для приготовления сложносмешанных удобрений.

Метафосфат аммония (NH_4PO_3) содержит 17 % N и 80 % P_2O_5 , причем 40–60 % азота и фосфора практически нерастворимы в воде, однако после внесения в почву удобрение проходит процесс гидролиза и азот и фосфор становятся доступными для растений. Лучше всего процесс гидролиза протекает при кислой реакции почвенной среды. Удобрение имеет хорошие физические свойства. Применяется преимущественно как основное удобрение под сельскохозяйственные культуры.

Метафосфат калия (KPO_3) содержит 60 % P_2O_5 и 33 % K_2O . Нерастворим в воде, но при этом растворяется в 2%-ном растворе лимонной кислоты. Удобрение имеет хорошие физические свойства. После внесения в почву постепенно происходит его гидролиз. Эффективность данного удобрения возрастает при совместном внесении и азотных удобрений. Применяется для основного внесения под все сельскохозяйственные культуры.

Калия монофосфат (KH_2PO_4) является бесхлорным удобрением. Выпускается в порошкообразном виде (марка А) и содержит не менее 51,5 % P_2O_5 и не менее 34,2 % K_2O , а также в жидкой форме (марка Б) с содержанием не менее 7,21 % P_2O_5 и не менее 4,79 % K_2O . Применяются в овощеводстве защищенного грунта и для выращивания рассады

овощных культур. Жидкий монофосфат калия может использоваться для некорневых подкормок льна.

Селитра калиевая (KNO_3) – сложное азотно-калийное удобрение, содержит не менее 13 % N и 38–46 % K_2O . Представляет собой кристаллический белый порошок с желтовато-сероватым оттенком. Хорошо растворяется в воде, малогигроскопичен, при хранении может слеживаться, физиологически щелочное удобрение. Применяют калийную селитру в овощеводстве открытого и защищенного грунта. Недостаток данного удобрения – дисбаланс соотношения азота и калия, для устранения которого необходимо вносить дополнительные дозы азота и фосфора.

Сложносмешанные (комбинированные) удобрения.

Это комплексные удобрения, полученные в едином технологическом цикле и содержащие в одной грануле два или три основных элемента питания для растений нередко в виде различных химических соединений. Получают их путем специальной химической и (или) физической обработки первичного сырья или путем добавления к ним различных одно- и двухкомпонентных удобрений, разных реагентов в виде аммиаков, кислот, воды, газообразного аммиака и т. п. Соотношение элементов питания в этих удобрениях зависит от количества исходных компонентов при их получении. Наиболее известные сложносмешанные удобрения: нитрофос марки А (23-17-0) и нитрофос марки Б (24-14-0), нитрофоска (11-11-11), азофоска (16-16-16), нитроаммофос марки А (23-23-0) и нитроаммофос марки Б (16-24-0), нитроаммофос марки В (25-20-0), нитроаммофоска марки А (17-17-17) и нитроаммофоска марки Б (13-19-19), карбоаммофосы (24-24-0 и 29-19-0), полифосфаты аммония и калия, монофосфаты калия (марка А и Б), фосфорно-калийные прессованные удобрения, аммонизированный суперфосфат, сульфоаммофос, жидкие комплексные удобрения и др.

Эти удобрения хоть и содержат балластные компоненты, но намного меньше, чем простые удобрения.

Суперфосфат аммонизированный ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + NH_4H_2PO_4$) содержит от 19 до 42 % P_2O_5 и 5–14 % N. Фосфор и азот в этом удобрении содержится в основном в водорастворимой форме, доступной для растений. Гранулированное удобрение серого цвета, имеет хорошие физические свойства. Применяется для основного внесения в почву под все культуры, а также в рядки при посеве.

Суперфосфат аммонизированный может содержать дополнительно различные макро- и микроэлементы и регуляторы роста.

Нитрофоска – сложное комплексное удобрение, содержащее N, P₂O₅ и K₂O в соотношении 1:1:1 (возможны и другие соотношения N:P:K). Выпускается в гранулированном виде, имеет хорошие физические и агрохимические свойства. Азот и калий в удобрении находятся в водорастворимой форме, одна часть фосфора (25–60 %) – в водорастворимой форме (в зависимости от способа получения), другая часть – в лимонно-растворимой форме. Удобрение пригодно для основного и рядкового внесения на всех типах почв под все культуры.

Нитроаммофоска (азофоска) содержит по 16 % N, P₂O₅ и K₂O. Это гранулированное удобрение, имеет хорошие физические свойства. Применяется под все культуры на всех почвах. Марки 8-24-24 или 8-19-29 используются преимущественно для основного внесения под озимые зерновые культуры и рапс.

Сульфаммофос (NH₄H₂PO₄ · (NH₄)₂SO₄) – эффективное азотно-фосфорное удобрение. Производится на ОАО «Гомельский химический завод», содержит азота 10–16 %, фосфора – 22–28 %, серы – 11–14 % и оксида кальция – 1–14 %. Это растворимое гранулированное удобрение, физико-химические свойства сходны с аммофосом, нетоксично, пожаро- и взрывобезопасно. Применяется практически под все сельскохозяйственные культуры, но наиболее эффективно на культурах, требовательных к сере.

Аммофоска универсал – высокоэффективное бесхлорное комплексное удобрение, содержит N 11–13 %, P₂O₅ – 14–16 %, K₂O – 14–16 % и S – 14 %. Фосфор в этом удобрении представлен монофосфатами калия и аммония, калий – сульфатом калия, азот – сульфатом аммония. Удобрение негигроскопично, не слеживается, имеет хорошую рассыпчатость, пожаро- и взрывобезопасно. Особенно эффективно удобрение при внесении под культуры-хлорофобы (картофель, гречиха, овощные культуры, плодово-ягодные культуры и др.).

Аммофосфат производится в гранулированном виде. Аммофосфат марки А, получаемый из апатита и фосфоритной муки Кингисеппского месторождения, содержит 6–7 % N и 45–46 % P₂O₅, в том числе 31 % в водорастворимой форме. Аммофосфат марки Б, получаемый из фосфорита и фосфоритной муки Чилисайского месторождения, содержит 4–5 % N и 38–39 % P₂O₅, в том числе не менее 26 % в водорастворимой форме. По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и ка-

федры агрохимии БГСХА, эффективность аммофосфата при внесении под основные сельскохозяйственные культуры близка к двойному суперфосфату и аммофосу.

Аммофосфатка – гранулированное комплексное удобрение, содержит 4 % азота, 24 % фосфора, 30 % калия. Выпуск этого удобрения освоен на ОАО «Гомельский химический завод». В ассортименте минеральных удобрений Беларуси рекомендуется для внесения под лен.

Полифосфат аммония содержит 16–18 % азота и 58–61 % фосфора, в том числе фосфор в водорастворимой форме, а само удобрение полностью растворяется в воде. Удобрение гранулированное, негигроскопично. Предназначено как для основного внесения в почву, так и для приготовления тукосмесей, особенно эффективно на карбонатных почвах.

Полифосфат калия содержит 57 % P_2O_5 и 37 % K_2O . До 70 % фосфора растворяется в воде и около 30 % – в 2%-ном растворе лимонной кислоты. Хороший продукт для приготовления жидких минеральных удобрений. Удобрение гранулированное, негигроскопично, предназначено для основного внесения в почву, особенно эффективно на культурах, чувствительных к хлору.

Полифосфат карбамида содержит 31–35 % N и 24–31 % P_2O_5 , элементы питания находятся в доступной для растений форме. Удобрение гранулированное, негигроскопично, предназначено для основного внесения в почву. Эффективно на почвах легкого гранулометрического состава.

Карбоаммофос – азотно-фосфорно-калийное удобрение, содержит 19–32 % N и 16–29 % P_2O_5 ; гранулированное, имеет хорошие физические свойства, водорастворимое.

Карбоаммофоска – азотно-фосфорно-калийное удобрение, содержит по 19,8 % N, P_2O_5 и K_2O (возможны и другие марки). Азот находится в аммонийной и амидной формах, а фосфор – в водорастворимой. Это гранулированное удобрение, имеет хорошие физические свойства. Рекомендуется для внесения на всех типах почв под все сельскохозяйственные культуры.

Суперфоска – комплексное фосфорно-калийное удобрение, содержит 11–16 % P_2O_5 (80 % фосфора растворяется в воде) и 12–21 % K_2O . Это порошок темно-серого цвета, имеет удовлетворительные физические свойства.

Наряду с традиционными сложносмешанными удобрениями в Республике Беларусь разработана линейка новых форм комплексных удобрений (табл. 5.3) для почв различного уровня плодородия, содержащих микроэлементы и регуляторы роста для ряда сельскохозяйственных культур (лен-долгунец и лен масличный, сахарная свекла, озимые и яровые зерновые культуры, озимый рапс, гречиха, картофель, кукуруза, бобовые и зернобобовые, овощные культуры, многолетние злаковые и бобово-злаковые травы, зеленые насаждения и др.).

Таблица 5.3. **Комплексные удобрения с микроэлементами и регуляторами роста для основного внесения и некорневых подкормок**

Культуры	Марки удобрения (NPK) для почв разного уровня плодородия
1	2
Удобрения комплексные для основного внесения в почву	
Озимые зерновые культуры	N (5–7), P (16–21), K (31–36), Cu, Mn, гуминовые вещества
Яровые зерновые культуры	N (13–16), P (8–12), K (17–20), S, Cu, Mn, гуминовые вещества
Пивоваренный ячмень	N (8–13), P (14–19), K (20–25), S, Si, Mn, B, гуминовые вещества
Крупяные культуры	N (8–16), P (10–20), K (17–30), S, Mn, B, Zn, Fe, регулятор роста растений Эпин
Лен-долгунец	N (5–7), P (16–21), K (32–35), B, Zn, Fe
Лен масличный	N (12–13), P (8–14), K (14–28), B, Zn, Fe, Cu, регулятор роста растений Эпин
Сахарная свекла	N (13–17), P (8–12), K (18–22), Na ₂ O, S, B, Mn, Zn, Co
Озимый рапс	N (5–8), P (16–20), K (25–35), S, B, Mn
Картофель	N (13–16), P (8–12), K (17–24), S, B, Si, Mn, гуминовые вещества
Бобовые и зернобобовые культуры	N (5–6), P (18–21), K (31–35) B, Mo, гуминовые вещества
	N (5–7), P (16–21), K (31–35), B, Mo, Mn, Co, гуминовые вещества
Кукуруза	N (14–15), P (10–13), K (18–20), Zn, B, Cu, Mn, Co, гуминовые вещества
Морковь	N (14–16), P (10–12), K (19–20), S, B, Cu
Столовая свекла	N (13–16), P (12), K (19–20), S, Na ₂ O, B, Mn, гуминовые вещества

1	2
Капуста	N (13), P (11–12), K (19–21), S, B, Zn, Mo, Fe
Подсолнечник	N (10–16), P (10–18), K (18–25), S, Mg, B, Cu, Mn
Однолетние бобово-злаковые травосмеси	N (14–16), P (10–12), K (19–20), S, B, Cu, Mn
Многолетние злаковые травы	N (13–14), P (10–11), K (19–21), Cu, B, Zn, Mn
Многолетние бобово-злаковые травы	N (7–8), P (0–15), K (24–30), Cu, B, Zn, Mo, Mn
Хмель	N (13–14), P (7–12), K (19–29), (S, B, Zn, Cu, Fe)
Зеленые насаждения (городское озеленение)	N (5–16), P (11–20), K (20–25), S, MgO, B, Cu, Zn, Mo, гуминовые вещества
Многолетние злаковые, бобово-злаковые и бобовые травы	N (9–18), P (0), K (8–17), с микроэлементами (B, Mo, Cu, Zn, Mn)
Удобрения жидкие комплексные с хелатными формами микроэлементов для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур	
Зерновые	N(8), P(4), K (9), Cu и Mn (в хелатной форме)
Картофель	N(8), P(4), K (9), B, Cu и Mn (в хелатной форме)
Кукуруза	N(8), P(4), K (9), B, Zn и Mo (в хелатной форме)
Бобовые и зернобобовые	N (5), P (7), K (10), B, Mo (в хелатной форме)
Лен-долгунец и лен масличный	N (5), P (7), K (10), B, Zn и Cu (в хелатной форме)
Морковь	N (8), P (4), K (9), B, Cu и Co (в хелатной форме)
Свекла	N (8), P (4), K (9), Na, B, Mn (в хелатной форме)
Капуста	N (8), P (4), K (9), B, Zn и Mo (в хелатной форме)
Зеленые насаждения	N (6), P (3), K (8), B, Cu и Mn (в хелатной форме)
Цветочно-декоративные растения	N (6), P (3), K (8), B, Cu и Mn (в хелатной форме)

Удобрения выпускаются в промышленном или опытно-промышленном масштабе на ОАО «Гомельский химический завод», ОАО «Беларуськалий» и ОАО «Гомельхимторг». Предназначены удобрения как для основного внесения в почву, так и для некорневых подкормок по вегетирующим растениям.

Комплексные удобрения имеют ряд преимуществ: высокая концентрация элементов питания, возможность добавления различных модифицирующих добавок с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур и уровня плодородия почв, малое количество или полное отсутствие балластных компонентов (хлор и др.), значительное сокращение расходов хозяйств на их транспортировку, смешивание, хранение и внесение (за один проход техники вносится весь необходимый комплекс элементов питания для растений). При этом сокращаются также сроки внесения удобрений, уменьшается неравно-

мерность их распределения по площади поля, обеспечиваются оптимальные условия для роста и развития растений, что, в конечном счете, положительно сказывается на величине урожая и качестве продукции, а также на себестоимости продукции растениеводства.

К числу недостатков комплексных удобрений можно отнести следующие: соотношение питательных веществ в них строго зависит от химической формулы соединений и может не всегда соответствовать потребности растений в элементах питания; в сложносмешанных удобрениях пропорции в соотношениях азота, фосфора и калия находятся в широких пределах и не всегда обеспечивается оптимальное количество элементов питания под культуру.

Многофункциональные минеральные удобрения – минеральные удобрения, содержащие кроме основных элементов питания вещества (микроэлементы, регуляторы роста растений и т. д.), оказывающие специфическое воздействие на растения и почву, например, стимулирующие развитие растений, улучшающие структуру почвы и задерживающие влагу.

Медленнодействующие удобрения – отдающие элементы питания в течение одного или нескольких вегетационных периодов. К этим удобрениям относятся: полимерные, хелатированные, капсулированные и другие удобрения, включающие в своем составе, наряду с макро- и микроэлементами, связующие полимерные добавки.

Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) – минеральные удобрения в виде раствора или суспензии, содержащие два или три главных элемента питания, возможно и введение микроэлементов и регуляторов роста растений.

ЖКУ представляет собой раствор, содержащий два питательных элемента в соотношении $N:P_2O_5 = 1:3,4$. Содержит 10 % азота и 34 % P_2O_5 в водорастворимой форме. Плотность раствора – 1,4 т/м³, температура начала кристаллизации – не выше 18 °С. Из-за отсутствия свободного аммиака удобрение можно вносить на поверхность с последующей заделкой. На основе ЖКУ можно готовить суспензированные растворы с включением азотных и калийных удобрений с добавлением стабилизирующих добавок – бентонитовых или полигорснитовых глин. Технологии приготовления предусматривают следующие соотношения $N:P_2O_5:K_2O$ в суспензированных растворах 13:13:13, 20:10:10, 9:9:9, 18:18:18. Жидкие комплексные удобрения, а также суспензированные растворы на его основе эффективны при внесении под все сельскохозяйственные культуры.

Смешанные минеральные удобрения (тукосмеси) – это смеси простых удобрений, полученные путем механического сухого смешивания готовых порошковидных, кристаллических или гранулированных удобрений в заводских условиях или на тукосмесительных установках на местах использования удобрений в хозяйствах. Более перспективно заводское приготовление. Тукосмеси можно готовить и вносить под все сельскохозяйственные культуры на всех типах почв. Но общий их недостаток состоит в том, что не достигается равномерность их распределения по площади поля, увеличиваются в два-три раза энергетические и трудовые затраты на их внесение по сравнению с применением комплексных удобрений. В комбинированных комплексных удобрениях между основными элементами питания существует химическая связь, что не наблюдается в тукосмесьях.

Перспективные разработки минеральных удобрений в Беларуси

Наряду с разработкой и освоением комплексных удобрений в республике разработаны и планируется выпуск новых форм азотных и азотносеросодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры. УП «АзотХимФор蒂斯» является производителем нижеприведенных удобрений.

Карбамид жидкий – азот (N) – не менее 17 %. Разрешен для применения на озимых и яровых зерновых культурах, кукурузе, рапсе и других крестоцветных.

Карбамид жидкий с микроэлементами (Mn или Zn, или комплексом микроэлементов – Fe, Zn, Си, Mn), в том числе: карбамид жидкий с марганцем – азот (N) – не менее 17 %, Mn – не менее 0,1 % (разрешен для применения на рапсе и других крестоцветных); карбамид жидкий с цинком – азот (N) – не менее 17 %, Zn – не менее 0,2 % (разрешен для применения на кукурузе); карбамид жидкий с комплексом микроэлементов – азот (N) – не менее 17 %, Fe – не менее 0,08 %, Zn – не менее 0,07 %, Си – не менее 0,008 %, Mn – не менее 0,06 % (разрешен для применения на озимых и яровых зерновых культурах).

Карбамид с микроэлементами (Mn или Zn) гранулированный, в том числе: карбамид с марганцем – азот (N) – не менее 45,5 %, Mn – не менее 0,2 % (разрешен для применения на озимых и яровых зерновых культурах); карбамид с цинком – азот (N) – не менее 45,5 %, Zn – не менее 0,2 % (разрешен для применения на кукурузе).

ООО «Белагроферт» выпускает следующие виды удобрений.

Сульфат аммония гранулированный с регулятором роста растений с содержанием азота (N) не менее 21 %, серы (S) – не менее 24 %, органические вещества (в том числе гуминовые) – 0,05 %. Разрешен для применения на яровых зерновых культурах, картофеле, овощных культурах (лук репчатый, чеснок, капуста).

Сульфат аммония гранулированный с бором – азот (N) – не менее 21 %, сера (S) – не менее 24 %, бор (B) – 0,1–1,5 %. Разрешен для применения на рапсе и других крестоцветных, картофеле и крупяных культурах.

Сульфат аммония гранулированный с бором и регулятором роста растений – азот (N) – не менее 21 %, сера (S) – не менее 24 %, бор (B) – 0,1–1,5 %, органические вещества (в том числе гуминовые) – 0,05–0,20 %. Разрешен для применения на яровых зерновых культурах, рапсе и других крестоцветных, картофеле и крупяных культурах.

Карбамид (мочевина) с регулятором роста растений $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – содержит 46 % азота в амидной форме и регулятор роста растений гуминовой природы, выделенный из торфа (Гидрогумат) – 0,05–0,10 % от массы удобрения. По внешнему виду карбамид с регулятором роста растений представляет собой гранулы светло-коричневого цвета, характеризуется хорошими физико-химическими свойствами, обладает пролонгированным сроком действия и обеспечивает питание растений азотом в течение всего периода вегетации сельскохозяйственных культур. Рекомендуется для основного внесения и подкормок под все сельскохозяйственные культуры на почвах разного гранулометрического состава.

Удобрение азотное медленнодействующее жидкое с добавками микроэлементов и биологически активных веществ (на основе КАС) – содержит 26–32 % азота, 0,15–0,40 % меди, 0,10–0,18 % марганца, регулятор роста растений Гидрогумат или Эпин. Обеспечивает повышение урожайности с улучшением качества продукции по сравнению со стандартным удобрением КАС. Рекомендуется для основного внесения в почву или подкормок под все сельскохозяйственные культуры на любых почвах, но наиболее целесообразно его применение под зерновые культуры и кукурузу.

В настоящее время Институтом почвоведения и агрохимии проводятся исследования совместно с УП «АзотХимФортис» по разработке и получению азотных удобрений пролонгированного срока дей-

ствия на основе приллированного карбамида с добавками ингибитора нитрификации и биоразлагаемых полимеров, полученных из рапса (отечественного производства); с ОАО «Гомельхимторг» – по разработке калия монофосфата жидкого без добавок и с добавками микроэлементов, удобрения жидкого азотного КАС на основе полупродуктов производства монокалийфосфата и жидкого комплексного бесхлорного удобрения (на основе КАС с фосфором и калием); с ООО «Белкалий-Мигао» – удобрений комплексных на основе хлорида аммония (марки 15-15-15, 15-11-18, 24-0-3 и 18-0-18).

5.1.5. Расчет потребности в микроудобрениях

Потребность в микроудобрениях определяется исходя из биологических особенностей сельскохозяйственных культур, содержания микроэлементов в почвах и рекомендуемых доз внесения, разработанных научными учреждениями Республики Беларусь.

Система удобрения сельскохозяйственных культур предусматривает применение борных, медных, марганцевых, цинковых и молибденовых микроудобрений, оказывающих наиболее существенное влияние на урожайность и качество продукции. Для улучшения качества продукции могут применяться также кобальтовые, йодные, селеновые микроудобрения.

Существуют три основных способа внесения микроудобрений: в почву с последующей заделкой, в виде некорневых подкормок, при предпосевной обработке семян. Наиболее эффективным и экономически целесообразным способом применения микроудобрений является некорневая подкормка вегетирующих растений. При этом некорневые подкормки микроудобрениями рекомендуются на почвах 1-й и 2-й групп обеспеченности, однако во многих исследованиях положительный эффект от некорневого внесения микроудобрений отмечен и при 3-й группе обеспеченности почвы микроэлементами.

Дозы микроудобрений для почвенного внесения могут планироваться только в том случае, если применяется комплексное удобрение с микроэлементами. При содержании элементов в почве, соответствующей 4-й группе обеспеченности, внесение микроудобрений не предусматривается (табл. 5.4).

Таблица 5.4. Градации почв Республики Беларусь по содержанию подвижных форм микроэлементов, мг/кг почвы

Элемент (вытяжки)	Группы и степень обеспеченности микроэлементами							
	1-я (низкая)		2-я (средняя)		3-я (высокая)		4-я (избыточная)	
	Минеральная почва	Торфяно-болотная почва	Минеральная почва	Торфяно-болотная почва	Минеральная почва	Торфяно-болотная почва	Минеральная почва	Торфяно-болотная почва
Cu (1 M HCl)	<1,5	<5,0	1,6–3,0	5,1–9,0	3,1–5,0	9,1–12,0	>5,0	>12,0
Zn (1 M HCl)	<3,0	<10,0	3,1–5,0	10,1–15,0	5,1–10,0	15,1–30,0	>10,0	>30,0
B (H ₂ O)	<0,3	<1,0	0,31–0,70	1,1–2,0	0,71–1,0	2,1–3,0	>1,0	>3,0
Mn* (0,1M KCl)	<2,0	–	2,0–6,0	–	6,1–10,0	–	>10,0	–
Co (1M HNO ₃)	<1,0	<3,0	1,1–2,5	3,1–7,5	2,51–3,0	7,51–9,0	>3,0	9,1–12,0

*Марганец определяется только в минеральных почвах.

Для некорневых подкормок предназначены следующие основные микроудобрения (табл. 5.5): борная кислота, сульфат меди (серноокислая медь), сульфат цинка (серноокислый цинк), сульфат марганца (серноокислый марганец), молибдат аммония (молибденовоокислый аммоний), сульфат кобальта (кобальт серноокислый), Адоб бор, Адоб медь и др.

Таблица 5.5. Основные виды применяемых микроудобрений

Вид удобрения	Формула	Содержание действующего вещества, %	Коэффициент пересчета в физическую массу
Медь серноокислая (сульфат меди)	CuSO ₄ · 5H ₂ O	25,0	4,00
Борная кислота	H ₃ BO ₃	17,0	5,88
Цинк серноокислый (сульфат цинка)	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	22,0	4,55
Молибдат аммония	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	52,0	1,92
Молибдат аммония-натрия	–	36,0	2,78
Марганец серноокислый (сульфат марганца)	MnSO ₄ · 4H ₂ O	24,6	4,07
Кобальт серноокислый (сульфат кобальта)	CoSO ₄ · 7H ₂ O	20,0	5,00
Кобальт хлористый (хлорид кобальта)	CoCl ₂	46,0	2,17
Бормедное удобрение	–	17 (B)–5 (Cu)	5,88–20,0
Бура	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	≈ 11,0	–

Наряду с простыми микроудобрениями в сельском хозяйстве широкое применение получили органо-минеральные и хелатные соединения микроэлементов.

Адоб бор – жидкий концентрат удобрения, содержащий 15 % бора (объемные) в органо-минеральной форме. В одном литре удобрения содержится 150 г бора.

Адоб медь – жидкий концентрат удобрения, содержащий 6,43 % меди в хелатной форме, 9 % азота и 3 % магния. В одном литре удобрения содержится 64 г меди, 90 г азота и 30 г магния.

Адоб марганец – жидкий концентрат удобрения, содержащий 15,3 % марганца в хелатной форме, 9,8 % азота и 3 % магния. В одном литре удобрения содержится 62 г цинка, 90 г азота и 30 г магния.

Адоб цинк – жидкий концентрат удобрения, содержащий 6,2 % цинка в хелатной форме, 9 % азота и 3 % магния. В одном литре удобрения содержится 62 г цинка, 90 г азота и 30 г магния.

Эколист моно бор – жидкий концентрат удобрения, содержащий 11 % бора (весовые) в органо-минеральной форме. В одном литре удобрения содержится 150 г бора.

Эколист моно медь – жидкий концентрат удобрения, содержащий 7,5 % меди в хелатной форме, 6 % азота и 4 % серы. В одном литре удобрения содержится 88 г меди, 75 г азота и 65 г серы.

Эколист моно марганец – жидкий концентрат удобрения, содержащий 12 % марганца в хелатной форме, 6 % азота и 4,5 % серы. В одном литре удобрения содержится 174 г марганца, 87 г азота и 50 г серы.

Эколист моно цинк – жидкий концентрат удобрения, содержащий 8 % цинка в хелатной форме, 6 % азота и 3,8 % серы. В одном литре удобрения содержится 108 г цинка, 81 г азота и 51 г серы.

В последние годы сельскохозяйственному производству зарубежными и отечественными производителями предлагается ряд новых комплексных удобрений, ориентированных для отдельных культур или их групп. Кроме известных форм комплексных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы фирмы «Кемира», к ним можно отнести комплексные удобрения Басфолиар (Польша, фирма «Адоб»), Эколист (Польша, фирма «Экоплон»), и удобрения Агрикола (Россия, компания «Техноэкспорт»), Нутривант плюс (Израиль), Кристалон (Нидерланды) и др.

В настоящее время в Беларуси разработаны комплексные препараты на основе микроэлементов и регуляторов роста. **МикроСтим медь** – жидкое комплексное удобрение, содержит 65 г/л азота, 78 г/л меди и 0,5–5,0 мл/л гуминовые вещества. Применяется для некорневых подкормок зерновых культур в дозе 0,5–1,0 л/га.

МикроСтим бор содержит 5 г/л азота, 150 г/л бора и 0,6–8,0 мг/л гуминовые вещества. Применяется для некорневых подкормок сахарной свеклы и озимого рапса в дозе 1,3–2,0 л/га.

В Институте почвоведения и агрохимии разработаны новые формы жидких комплексных микроудобрений МикроСтим и МикроСил, приготовленные на основе хелатов металлоэлементов и бора в органоминеральной форме (табл. 5.6). Кроме микроэлементов (медь, цинк, бор, марганец, молибден, кобальт) жидкие комплексные микроудобрения содержат регулятор роста растений природного происхождения Гидрогумат или Экосил, что повышает их эффективность и отличает от других аналогичных форм микроудобрений. Состав и содержание микроэлементов соответствует биологическим потребностям сельскохозяйственных культур. Новые микроудобрения МикроСтим и МикроСил прошли регистрацию и внесены в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. По лицензионным договорам освоено производство новых жидких комплексных микроудобрений на 4 предприятиях республики, что во многом решает проблему потребности сельского хозяйства в микроудобрениях. Жидкие комплексные микроудобрения рекомендованы для применения в виде некорневых подкормок растений в период вегетации и для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур.

Таблица 5.6. Ассортимент микроудобрений МикроСтим и МикроСил для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур

Марка микроудобрения	Состав, г/л	Культуры
1	2	3
МикроСтим бор	N – 50; B – 150; гуминовые в-ва – 0,6–8,0	Сахарная свекла, рапс, лен, картофель, гречиха, зернобобовые, овощные, плодовые и ягодные
МикроСтим бор, медь	N – 65; B–40; Cu – 40; гуминовые в-ва – 0,6–6,0	Лен, рапс, картофель, гречиха, сахарная свекла, овощные, плодовые и ягодные

Окончание табл. 5.6

1	2	3
МикроСтим кобальт	N – 53–73; Co – 127–140	Зернобобовые
МикроСтим кобальт, бор	N – 90–115; Co – 45–55; B – 45–55; гуминовые в-ва – 0,6–9,0	Зернобобовые
МикроСтим-Медь Л	N – 65; Cu – 78; гуминовые в-ва – 0,6–5,0	Озимые и яровые зерновые, овощные, плодовые и ягодные
МикроСтим марганец	N – 35; Mn – 50	Озимые и яровые зерновые, рапс, сахарная свекла
МикроСтим-Медь ПС	N – 47; Cu – 60; гуминовые в-ва – 0,9–6,0	Озимые и яровые зерновые
МикроСтим медь, марганец	N – 35–70; Cu – 25–55; Mn – 20–30	Озимые и яровые зерновые
МикроСтим медь, молибден	N – 66–86; Cu – 45–55; Mo – 45–55; гуминовые в-ва – 0,6–9,0	Озимые и яровые зерновые
МикроСтим медь, цинк, Бор ПС	N – 50,0; Cu – 7,3; Zn – 6,5; B – 6,1; гуминовые в-ва – 0,15–0,6	Лен
МикроСтим цинк	N – 90–115; Zn – 60–80	Озимые зерновые, кукуруза
МикроСтим цинк, бор	N – 93,0; Zn – 46,0; B – 30,0; гуминовые в-ва – 0,48–6,0	Лен, кукуруза, гречиха, овощные, плодовые и ягодные
МикроСтим цинк, медь	N – 60–100; Zn – 35–55; Cu – 45–55	Кукуруза
МикроСтим молибден	N – 65–85; Mo – 140–160; гуминовые в-ва – 0,6–6,0	Многолетние бобовые травы
МикроСтим молибден, бор	N – 55–75; Mo – 45–55; B – 45–55; гуминовые в-ва – 0,6–6,0	Многолетние бобовые травы
МикроСил бор	N – 50; B – 150; Экосил – 30 мл/л	Сахарная свекла, рапс, лен, картофель, гречиха, люпин
МикроСил бор, медь	N – 65; B – 40; Cu – 40; Экосил – 30 мл/л	Сахарная свекла, рапс, лен, картофель, зернобобовые, томат, перец, баклажан
МикроСил-Медь Л	N – 65; Cu – 80; Экосил – 30 мл/л	Озимые и яровые зерновые, томат, перец, баклажан
МикроСил-Медь ПС	N – 47; Cu – 60; Экосил – 70 мл/л	Озимые и яровые зерновые
МикроСил медь, цинк, Бор ПС	N – 50; Cu – 7,3; Zn – 6,5; B – 6,1; Экосил – 12 мл/л	Лен
МикроСил цинк, бор	N – 93; Zn – 46; B – 30; Экосил – 30 мл/л	Лен, кукуруза

В Беларуси компанией «БелУниверсалПродукт» разработаны и запущены в производство новые формы жидких комплексных удобрений Экогум (водный раствор) на основе хелатов металлоэлементов, фосфора и бора в органоминеральной форме (табл. 5.7). Кроме макро- и микроэлементов жидкие комплексные удобрения содержат регуляторы роста растений природного происхождения, произведенные из торфа на основе гуминовых и фульвокислот, что повышает их эффективность и отличает от других аналогичных форм микроудобрений.

Таблица 5.7. Ассортимент удобрений Экогум для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур

Марка микроудобрения	Состав, г/л	Культуры
Экогум комплекс	Азот (N) – не более 120; Mn – не более 50; Cu – не более; Zn – не более 75; Co – не более 8; Mo – не более 1,0; B – не более 110; гуминовые в-ва – не менее 40	Зерновые культуры, лен масличный, лен-долгунец, кукуруза, столовые корнеплоды
Экогум АФ	Азот (N) – не более 200; фосфор (P ₂ O ₅) – не более 90; гуминовые в-ва – не менее 40	Зерновые культуры, лен масличный, лен-долгунец, кукуруза, овощные культуры, столовые корнеплоды
Экогум БИО	Азот (N) – не более 15; фосфор (P ₂ O ₅) – не более 15; калий (K ₂ O) – 10; гуминовые в-ва – не менее 40	Лен-долгунец, кукуруза, овощные культуры
Экогум Филм	Азот (N) – не более 30; фосфор (P ₂ O ₅) – не более 80; калий (K ₂ O) – 30; гуминовые в-ва – не менее 20	Лен-долгунец
Экогум медь, цинк комплекс	Cu – не менее 30; Zn – не менее 50; гуминовые в-ва – не менее 10	
Экогум ФК	Фосфор (P ₂ O ₅) – не менее 180; калий (K ₂ O) – не менее 250; гуминовые в-ва – не более 40	Лен-долгунец, плодовые культуры
Экогум медь комплекс	Cu – не более 85; гуминовые в-ва – не более 40	Картофель, плодовые культуры
Экогум цинк комплекс	Zn – не более 120; гуминовые в-ва – не более 40	Лен-долгунец, плодовые культуры
Экогум бор, медь, цинк комплекс	Cu – не более 25; Zn – не более 25; B – не более 50; гуминовые в-ва – не более 40	Лен-долгунец
Экогум цинк	Zn – 120; гуминовые в-ва – 10–20	
Экогум ПМКТ калий	Калий (K ₂ O) – 20–40; гуминовые в-ва – 10–20	Лен-долгунец
Экогум ПМКТ фосфор	Фосфор (P ₂ O ₅) – 10–20; гуминовые в-ва – 10–20	

Удобрения марки Экогум рекомендованы для применения в виде некорневых подкормок сельскохозяйственных культур в период вегетации в дозе 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора при этом составляет 200 л/га, а также для предпосевной обработки семян и посевного материала в дозе 2,0 л/т с расходом рабочего раствора 10 л/т. Новые удобрения линейки Экогум прошли регистрацию и внесены в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь в 2022 г.

Потребность нуждающихся в микроудобрениях сельскохозяйственных культур рассчитывается на основании технологической схемы (табл. 5.8) и указывается в выходных документах.

Таблица 5.8. Средние дозы и сроки некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроэлементами

Культура	Микроэлемент	Некорневая подкормка	
		Доза, г/га д. в.	Срок применения
Озимые зерновые	Медь (Cu)	50	Конец кущения, флаговый лист
	Марганец (Mn)	50	
Яровые зерновые	Медь (Cu)	50	Первый или второй узел
	Марганец (Mn)	50	
Горох, вика, гречиха	Бор (B)	50	Бутонизация, ветвление
	Марганец (Mn)	50	
Люпин узколистный	Бор (B)	50	Бутонизация
	Молибден (Mo)	50	
	Марганец (Mn)	50	
Лен-долгунец	Бор (B)	150	Фаза «елочки»
	Цинк (Zn)	250	
Сахарная свекла, кормовая свекла	Бор (B)	200	10–12 листьев 25–30 листьев
	Марганец (Mn)	50	
Картофель	Бор (B)	50	Смыкание ботвы Бутонизация
	Медь (Cu)	50	
	Марганец (Mn)	50	
Озимый и яровой рапс	Бор (B)	300	Бутонизация
	Медь (Cu)	175	
	Марганец (Mn)	100	
Кукуруза	Цинк (Zn)	75	6–8 листьев
	Медь (Cu)	75	
Многолетние злаковые травы	Медь (Cu)	25–100	Начало вегетации или после 1-го укоса
	Кобальт (Co)	15–50	
Семянники многолетних бобовых трав	Молибден (Mo)	40	Бутонизация
	Бор (B)	50	

Внесение микроудобрений целесообразно совмещать с подкормками жидкими азотными удобрениями (КАС и т. д.), а также обработкой посевов средствами защиты растений и регуляторами роста. При этом требуемую дозу микроудобрений (исходя из объема опрыскивателя) следует растворить в отдельной емкости и влить его в раствор жидкого азотного удобрения, тщательно перемешав рабочий раствор.

Кроме азота, фосфора, калия и микроэлементов сельскохозяйственные культуры нуждаются также в таких макроэлементах, как магний, сера и кальций.

При возделывании крестоцветных и зерновых культур целесообразно внесение серы. Доза серных удобрений в зависимости от содержания серы в почве и растении, выноса серы урожаем той или иной культуры, поступления серы с органическими и минеральными удобрениями, а также из атмосферы составляет в среднем от 10 до 40 кг/га.

Большинство сельскохозяйственных культур нуждается также в магнии и кальции, однако в условиях Республики Беларусь достаточное их количество вносится в почву при известковании доломитовой мукой.

При возделывании сахарной свеклы и кормовых культур целесообразно внесение 30–40 кг/га д. в. натрия (например, в виде 40%-ной калийной соли, содержащей ~ 20 % Na_2O).

Можно проводить обработку семян микроэлементами.

Обработку семенного материала микроэлементами производят при посеве:

- на почвах 1-й группы обеспеченности микроэлементами, если их не вносили в почву с комплексными удобрениями;
- на всех площадях 2-й группы обеспеченности микроэлементами;
- на почвах 3-й группы обеспеченности микроэлементами, на которых планируется получение высоких урожаев возделываемых культур.

Для обработки семян используют сульфат меди (медный купорос), сульфат цинка (цинковый купорос), борную кислоту, молибдат аммония. Дозы микроудобрений при обработке семян приводятся в табл. 5.9.

Обработку семенного материала микроэлементами проводят одновременно при протравливании с применением пленкообразователей. В Беларуси используют 2%-ный водный раствор натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ), гисинар и др.

Таблица 5.9. Дозы расхода микроудобрений для обработки семян, г препарата на 1 ц семян

Культуры	Сульфат меди	Борная кислота	Сульфат цинка	Молибдат аммония
Зерновые	–	20–40	80–100	–
Зернобобовые	–	20–30	–	15–20
Сахарная и кормовая свекла	–	150–200	200–250	–
Картофель* (на 1 т)	50–60	30–50	40–60	–
Многолетние злаковые травы **	150–200	–	–	–
Семенники многолетних бобовых трав	–	20–30	–	15–20
Кукуруза	–	20–40	80–100	–
Лен**	100–200	100–150	150–200	–

*Обрабатывается без NaKMЦ, расход воды увеличивается в 2 раза; **обрабатывается сухим способом.

5.1.6. Выходная документация

Результаты расчетов по системе удобрения сельскохозяйственных культур на компьютере распечатываются в двух основных документах (прил. 67, 68).

В форме «Система удобрения сельскохозяйственных культур» (прил. 67) по каждому удобряемому полю указываются дозы органических удобрений (т/га) и количество вносимых с ними элементов питания, а также расчетные дозы минеральных удобрений на планируемый урожай сельскохозяйственных культур для основного внесения и в подкормки (кг/га). Система удобрения предусматривает два срока азотных подкормок. Внесение микроэлементов рассчитывается для некорневых подкормок (дозы приводятся в г/га).

Расчетные дозы удобрений в выходном документе корректируются с учетом фактических ресурсов удобрений, имеющихся в хозяйствах, и распределяются дальше в соответствии с имеющимся ассортиментом удобрений. Итоговая строка суммирует фактические дозы удобрений в физическом весе по каждому полю.

В форме «Потребность в минеральных удобрениях...» (прил. 68) указывается общее количество минеральных макро- и микроудобрений, необходимых для получения планируемой урожайности по всем культурам на пашне, а также сенокосах и пастбищах. Во второй части документа приводятся данные о количестве фактически распределенных удобрений под сельскохозяйственные культуры.

6. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ И СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

6.1. Озимые зерновые культуры

Озимая пшеница

Озимая пшеница более требовательна, чем озимая рожь, к плодородию почв и отрицательно относится к повышенной кислотности. Наиболее пригодными для этой культуры являются автоморфные дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные, подстилаемые моренными суглинками, почвы с pH_{KCl} 6,0–7,0, содержанием гумуса 2 % и выше, подвижного фосфора и калия более 150 мг/кг. Для формирования 1 т основной продукции и соответствующим количеством побочной продукции для озимой пшеницы требуется в среднем 30 кг азота, 11 кг P_2O_5 и 20 кг K_2O .

Озимая пшеница менее зимостойкая и засухоустойчивая, чем рожь.

Самыми ответственными периодами в питании озимой пшеницы являются 2 периода:

- от всходов до ухода посевов в зиму;
- весной в начале возобновления вегетации.

В первый период озимая пшеница предъявляет повышенные требования к фосфорно-калийному питанию, которое способствует мощному развитию корневой системы и кущению, накоплению сахаров, что важно для хорошей перезимовки. В этот период озимая пшеница должна быть умеренно обеспечена азотом, так как повышенное азотное питание понижает устойчивость растений к перезимовке. Успешной перезимовке способствует внесение органических удобрений.

При отрастании рано весной озимые нуждаются в усиленном азотном питании, так как в это время запасы минерального азота в почве еще невелики.

Это связано с тем, что процессы мобилизации азота почвы в осенне-зимний период протекают слабо, а имеющиеся нитраты теряются из корнеобитаемого слоя вследствие вымывания.

При посеве в рядки следует вносить фосфорные удобрения, так как слабая корневая система озимых зерновых в начале роста не может извлечь достаточного количества фосфора из почвы. Поэтому фосфор, внесенный в рядки, меньше смешивается с почвой и быстрее проникает в корневую систему и в дальнейшем включается в процессы питательных веществ семени, способствует усилению роста корневой сис-

темы и подземной массы растений, повышению содержания сахаров в растениях, что в дальнейшем определяет устойчивость растений к неблагоприятным условиям зимовки. Рядковое внесение фосфора в дозе 10–20 кг способствует повышению урожайности зерна на 1,5–2,5 ц/га.

Система удобрения озимой пшеницы, как правило, трехчленная и включает: основное или допосевное удобрение, припосевное и подкормки. Система удобрения озимой пшеницы может быть минеральной и органоминеральной.

Органические удобрения вносятся в дозах 30–40 т/га навоза, торфонавозного компоста перед основной обработкой почвы – вспашкой. Можно использовать и жидкий бесподстилочный навоз в дозах 40–50 т/га.

Калийные и фосфорные удобрения вносятся вразброс перед вспашкой или предпосевной обработкой почвы.

Дозы минеральных удобрений зависят от величины планируемого урожая, содержания в почве гумуса, подвижных форм фосфора и калия, типа и гранулометрического состава почвы, количества вносимых органических удобрений и предшественника.

Определяют дозы удобрений на ЭВМ или используются рекомендации научных учреждений.

Озимая пшеница максимальное количество питательных веществ потребляет в фазе выхода в трубку, а заканчивается их поступление в растения, как правило, к фазе цветения. За этот период растения усваивают 78–92 % азота, 75–88 % фосфора и 85–88 % калия.

Средние расчетные дозы минеральных удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной, приведены в табл. 6.1, прил. 21, 22.

Для корректировки доз минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы на других почвах используют поправочные коэффициенты (табл. 6.2).

На низкокультуренных почвах с невысокими запасами подвижных форм фосфора и калия высокая урожайность озимых зерновых культур не планируется, дозы минеральных фосфорных и калийных удобрений в соответствующей таблице не приводятся.

Обязательным приемом должно быть припосевное внесение фосфора в дозе 10–20 кг/га д. в. Внесение фосфора в рядки усиливает питание в начальный период, способствует лучшему укоренению озимых зерновых. Для рядкового внесения используются аммонизированный суперфосфат, аммофос и другие формы удобрений.

Таблица 6.1. Дозы минеральных удобрений* под озимую пшеницу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
		31–40	41–50	51–60	61–70	71–80
Азотные	–	80–100	100–120	120–140	140–160**	160–180**
Фосфорные	Менее 100	70–90	×	×	×	×
	101–150	60–70	×	×	×	×
	151–200	40–60	60–70	×	×	×
	201–300	30–40	40–50	50–60	60–75	75–90
	301–400	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40
Калийные	Менее 80	80–100	×	×	×	×
	81–140	60–80	×	×	×	×
	141–200	50–70	70–90	×	×	×
	201–300	40–50	50–70	70–90	90–110	110–130
	301–400	30–35	35–40	40–45	45–50	50–60

*На фоне внесения 30–50 т/га органических удобрений; **на фоне ретардантов.

Таблица 6.2. Поправочные коэффициенты к дозам минеральных удобрений в зависимости от типа и гранулометрического состава почв

Тип и гранулометрический состав почв	Поправочные коэффициенты		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные, подстилаемые мореной	1,0	1,0	1,0
Дерново-подзолистые супесчаные и песчаные, подстилаемые песками	1,1	0,9	1,1
Торфяные	0,4	1,0	1,1

Подкормки фосфорными и калийными удобрениями нецелесообразны из-за низкой их эффективности.

Лучшей формой минеральных удобрений под озимые зерновые культуры с осени является сложносмешанное комплексное удобрение марки NPK 5:16:35, выпускаемое Гомельским химическим заводом. При отсутствии комплексных удобрений в качестве фосфорных удобрений используют аммофос, аммонизированный суперфосфат, калийных – хлористый калий.

Формирование высоких урожаев зерна в большой степени определяется системой применения азотных удобрений.

Для получения урожайности озимых зерновых 40–50 ц/га азотные удобрения вносят в три-четыре срока: до посева (при необходимости), в начале возобновления весенней вегетации (ВВВ), в стадию выхода в

трубку (стадия первого узла, 31 стадия), а на пшенице – и в начале стадии колошения (51–52 стадии). При формировании высокопродуктивных посевов (урожайность зерна 60 ц/га и выше) необходима большая доза азота. Поэтому в стадию флагового листа (37 стадия) на посевах озимой пшеницы проводят еще одну подкормку.

До посева азотные удобрения рекомендуется вносить в следующих случаях:

- при размещении озимых зерновых после небобовых предшественников;
- на почвах с низким содержанием гумуса (на суглинистых – менее 2 %, супесчаных – менее 1,8 %);
- если органические удобрения не вносились ни под предшественник, ни под саму культуру.

В остальных случаях до посева вносят 20–40 кг/га азота. Формы удобрений: КАС, мочевины, аммонийная селитра, сульфат аммония. Следует учитывать, что в настоящее время в качестве фосфорсодержащих удобрений в основном используются аммофос и аммонизированный суперфосфат. Наряду с фосфором вносится и небольшое количество азота.

Первую подкормку азотными удобрениями проводят весной в начале возобновления активной вегетации растений, когда среднесуточная температура воздуха превысит +5 °С и появятся молодые корешки. Цель первой ранневесенней подкормки азотом заключается в том, чтобы усилить мощность кушения растений. Провести ее надо в максимально сжатые сроки (не более чем за 10 дней), так как при поздних сроках подкормки на боковых побегах сформируется укороченный колос, который не даст полноценного зерна или не успеет созреть к началу уборки. Рекомендуемая доза азота для первой ранневесенней подкормки озимых зерновых – 60–70 кг/га, лучшей формой азотных удобрений является КАС (без разбавления), которая позволяет внести азот по поверхности поля с максимальной равномерностью. Карбамид следует применять по влажной почве.

Вторая подкормка проводится в стадию первого узла (над поверхностью почвы начинает прощупываться первый узел, 31 стадия). В эту стадию закладывается основной потенциал урожайности озимых зерновых культур (длина колоса, число зерен в колосе, масса зерна одного колоса). Рекомендуемая доза азота для второй подкормки 35–40 кг/га. Важным условием формирования высокой урожайности является как можно большая продолжительность работы листового аппарата расте-

ний. Чем больше продолжается фотосинтетическая деятельность листьев, тем выше будет окупаемость удобрений и конечный урожай. Поэтому после начала трубкавания следует избегать ожогов листового аппарата, осторожно относиться к применению КАС и отдавать предпочтение твердым формам азотных удобрений – аммонийной селитре, мочеvine.

Третья подкормка в стадию последнего (флагового) листа планируется для получения урожаев более 60 ц/га. Оптимальная доза азота в этот период составляет 40–50 кг/га. Формы удобрений: аммонийная селитра, мочеvine, КАС с разведением водой в соотношении 1:3 или 1:4 (использовать опрыскиватели с волочильными шлангами).

Четвертая подкормка проводится на озимой пшенице в начале колошения для улучшения качества зерна. Рекомендуемая доза азота – 10 кг/га. В эту подкормку лучше всего использовать 8%-ный раствор мочевины.

Получение высоких уровней урожайности озимых зерновых на фоне высоких доз азотных удобрений возможно при внесении ретардантов и должно сопровождаться активной химической защитой растений.

Из микроэлементов наибольшее значение для озимых зерновых культур имеют медь и марганец. Применение марганца оправданно, если значение обменной кислотности pH_{KCL} больше 6,0. Технологическая схема для получения высоких урожаев озимой пшеницы, разработанная в РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», приведена в табл. 6.3. Наряду с простыми микроудобрениями сульфатом меди и сульфатом марганца эффективно использование жидких микроудобрений, содержащих микроэлементы в форме хелатных соединений.

Некорневые подкормки медью и марганцем проводятся в фазе конец кущения – или стадии первого узла в дозе по 50 г д. в. на 1 га. При планировании высоких урожаев озимой пшеницы более 50 ц/га проводится вторая подкормка этими микроэлементами в той же дозе в фазе флагового листа.

Наряду с простыми микроудобрениями (сульфатом меди и сульфатом марганца) эффективно использовать микроэлементы в форме хелатных соединений (Адоб медь, Адоб марганец, Эколист моно медь, Эколист моно марганец, МикроСтим медь, МикроСтим марганец и другие формы).

Таблица 6.3. Технологическая схема применения минеральных удобрений под озимую пшеницу (урожайность 70–100 ц/га)

Дозы удобрений и регуляторов роста	Формы удобрений	Сроки применения
Органические удобрения – 40–50 т/га	Солоmistый или торфяной навоз	Осенью под вспашку
$N_{14-20}P_{60-90}K_{120-140}$	Аммофос, хлористый калий	До посева
N_{60-70}	КАС или карбамид	Весной в начале вегетации
N_{35-40}	Карбамид	В фазу начала выхода в трубку
1,0–1,25 л/га 0,2 л/га 0,5 л/га	Регуляторы роста: Хлормекватхлорид 750, или Моддус, или Серон	В стадию первого узла, расход рабочего раствора – 200 л/га
$Cu_{50}Mn_{50}$	Сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец, или МикроСтим медь и МикроСтим марганец	Некорневые подкормки: в стадию первого узла с добавлением мочевины – 10–15 кг на 200 л рабочего раствора*
N_{40-50}	КАС (внесение опрыскивателем с волоочильными шлангами) или мочевина	В фазу появления флагового листа
0,2 л/га 0,5 л/га	Регуляторы роста: Моддус или Серон	Появление – полное развитие флагового листа
N_{10}	Водный раствор карбамида в концентрации 10 %	Колошение

*Возможно применение в баковой смеси с ретардантом и фунгицидом.

Озимая рожь

Среди злаковых хлебов озимая рожь является менее требовательной культурой к климатическим условиям. Рожь – культура малотребовательная к почвам. Она может расти и на низинных торфяно-болотных почвах, суглинистых, супесчаных, песчаных и на тяжелых глинистых почвах. Оптимальная реакция почвенной среды для нее – pH_{KCl} 5,5–6,0. Озимая рожь отличается более мощной развитой корневой системой и повышенной способностью усваивать элементы питания, чем озимая пшеница.

Вынос элементов питания озимой рожью на 1 т основной и соответствующего количества побочной продукции в среднем составляет 26 кг N, 11 кг P_2O_5 и 23 кг K_2O . К концу фазы кушения растения озимой ржи потребляют примерно третью часть азота, четвертую часть

фосфора и калия от общего потребления. Усвоение растениями озимой ржи азота и калия заканчивается в фазе цветения, а потребление фосфора продолжается до восковой спелости. Максимум потребления элементов питания (до 70 %) падает на фазу кущения и выхода в трубку. В этот период происходит не только интенсивный рост вегетативной массы, но также формирование колоса со всеми органами. Поэтому озимая рожь осенью и ранней весной должна быть обеспечена всеми элементами питания.

Внесение фосфорных и калийных удобрений приводит к повышению морозостойкости растений. При резком недостатке фосфора в почве рост ржи резко ухудшается. Рожь потребляет фосфор равномерно на протяжении вегетации.

Озимая рожь является культурой среднерагирующей на внесение калийных удобрений. При обеспечении потребности ржи в калии развиваются более сильные растения, имеющие прочные, менее склонные к полеганию стебли. Недостаток калия с осени приводит к ослаблению кущения растений. Растения при этом становятся значительно более доступными поражению грибными болезнями. Особенно большое значение имеет применение калия на песчаных и торфяных почвах.

Эта культура потребляет сравнительно большое количество азота с самого начала роста и развития. Однако наиболее высокая потребность в азоте отмечается рано весной, так как в это время минеральных соединений азота в почве мало в связи со слабой мобилизацией азота из-за низких температур. Таким образом, несколько повышенное фосфорно-калийное и умеренное азотное питание растений озимой ржи с осени является важным условием получения высоких урожаев.

Система удобрения озимой ржи трехчленная и включает основное, припосевное внесение и подкормки. Органические удобрения в дозе 30–40 т/га, фосфорные и калийные вносятся под озимую рожь до сева под основную обработку почвы. Дозы минеральных удобрений для озимой ржи приведены в табл. 6.4. При наличии комбинированных сеялок в рядки при посеве вносится 15–20 кг P_2O_5 в форме аммофоса, аммонизированного суперфосфата и других водорастворимых фосфорных удобрений.

Для озимой ржи достаточно провести две подкормки азотными удобрениями. Первая – в дозе 60–70 кг/га д. в. с возобновлением вегетации и вторая – в фазу начала выхода в трубку в дозе 25–30 кг/га д. в.

Для формирования урожайности зерна более 50 ц/га и выше требуется оптимизация всех факторов минерального питания, в том числе повышенные дозы азотных удобрений и применение микроэлементов.

Особенно важны для озимой ржи такие микроэлементы, как медь и марганец.

Таблица 6.4. Дозы минеральных удобрений* под озимую рожь на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		31–40	41–50	51–60	61–70
Азотные	–	80–100	100–120	120–130	130–140**
Фосфорные	Менее 100	70–90	×	×	×
	101–150	60–70	×	×	×
	151–200	40–60	60–70	×	×
	201–300	30–40	40–50	50–60	60–75
	301–400	15–20	20–25	25–30	30–35
Калийные	Менее 80	80–100	×	×	×
	81–140	60–80	×	×	×
	141–200	50–70	70–90	×	×
	201–300	40–50	50–70	70–90	90–110
	301–400	30–35	35–40	40–45	45–50

*На фоне внесения 30–40 т/га органических удобрений; **на фоне ретардантов.

Оптимальный срок применения некорневой подкормки микроэлементами – в стадию первого узла. Для озимой ржи достаточно провести одну подкормку медью и марганцем в дозе по 50 г д. в. меди и марганца. Марганцевые удобрения эффективны на почвах с рН_{KCL} выше 6,0.

Наряду с простыми микроудобрениями (сернокислая медь, сульфат марганца), эффективно использование жидких микроудобрений Адоб и Эколист, которые содержат медь и марганец в форме хелатных соединений и более технологичны в применении. Использование их обуславливается в первую очередь финансовыми возможностями хозяйств, поскольку все они, как правило, дороже простых микроудобрений.

Некорневые подкормки озимых зерновых культур микроэлементами являются энергосберегающим приемом, так как технологически могут совмещаться с применением фунгицидов, регуляторов роста и подкормкой азотом, при этом сульфаты меди и марганца растворяются в отдельной емкости. Приготовление растворов баковых смесей рекомендуется проводить непосредственно перед их применением.

Технологическая схема применения удобрений в течение вегетационного периода для озимой ржи, разработанная РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», приведена в табл. 6.5.

Таблица 6.5. Технологическая схема применения минеральных удобрений под озимую рожь (урожайность 60–70 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{15-20}P_{40-50}K_{120-140}$	Аммофос, хлористый калий	До посева
N_{60-70}	КАС или мочевины	Весной в начале вегетации
N_{30-40}	Мочевина	В фазу начала выхода в трубку
$Cu_{50}Mn_{50}$	Сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец, или МикроСтим медь и МикроСтим марганец	Некорневые подкормки: в стадию первого узла в баковой смеси с ретардантом и фунгицидом и добавлением мочевины – 10–15 кг на 200 л рабочего раствора

Применение твердых форм азотных удобрений (карбамид, аммиачная селитра) следует осуществлять только при наличии в хозяйствах штанговых машин РШУ-12, СУ-12, МТГ-4У или центробежных машин «Альфа», RAUCH (Германия), или РДУ-1,5. Машины НРУ-0,5, РМГ-4, РУМ-5, РУМ-8 обеспечивают минимально возможную степень неравномерности 20 %, а в условиях производства – 40–50 %. По данным Института почвоведения и агрохимии недобор урожая зерна в этом случае от неравномерного внесения азота составляет от 2,5 до 4,0–5,0 ц/га. Достичь высокой равномерности позволяет применение жидкого азотного удобрения КАС опрыскивателями ОТМ-2-3, ОП-2000, S-320 и др. Исследования, проведенные с различными формами азотных удобрений (КАС, аммиачная селитра, карбамид, сульфат аммония), показали, что по влиянию на урожайность озимых зерновых культур все они практически равноценны. При поверхностном внесении мочевины без заделки в почву могут происходить газообразные потери азота до 20–25 % от внесенной дозы. Эти потери могут быть снижены до 12–15 %, если вносить карбамид по влажной почве. Рекомендуется также использовать для подкормок медленнодействующую форму мочевины с гуминовыми добавками.

Озимая тритикале

Озимая тритикале – зерновая культура, в которой удачно сочетается высокая экологическая пластичность озимой ржи с урожайностью и качеством пшеницы. Озимая тритикале способна давать более высокие

урожаи по сравнению с пшеницей на бедных почвах и в связи с этим в Беларуси пригодных почв для ее выращивания больше, чем для озимой пшеницы. Наиболее высокую урожайность озимая тритикале формирует на связных почвах со слабокислой или нейтральной реакцией почвенной среды (pH_{KCL} 5,5–7,0). Отдельные сорта этой культуры отличаются повышенными требованиями к плодородию почвы. Их следует возделывать на хорошо окультуренных почвах.

Самыми ответственными периодами в питании озимой тритикале являются период от всходов до ухода посевов в зиму и весной в начале возобновления вегетации.

В первый период озимая тритикале предъявляет повышенные требования к фосфорно-калийному питанию, которое способствует мощному развитию корневой системы и кущению, накоплению сахаров, что важно для хорошей перезимовки. В этот период растения должны быть умеренно обеспечены азотом, так как повышенное азотное питание понижает устойчивость растений к перезимовке. Успешной перезимовке способствует внесение органических удобрений.

При отрастании рано весной озимая тритикале нуждается в усиленном азотном питании, так как в это время запасы минерального азота в почве еще невелики.

Озимая тритикале максимальное количество питательных веществ потребляет в фазу выхода в трубку, а заканчивается их поступление в растения, как правило, в фазу цветения. За этот период растения усваивают 78–92 % азота, 75–88 % фосфора и 85–88 % калия.

Одной тонной основной продукции с учетом побочной озимая тритикале в среднем выносит 26 кг N, 11 кг P_2O_5 и 22 кг K_2O .

Для озимой тритикале, как правило, система удобрения трехчленная, включающая основное, припосевное удобрение и подкормки. С точки зрения применяемых видов удобрений она может быть минеральной или органоминеральной. Последняя предполагает внесение подстилочного навоза в дозе 20–40 т/га, бесподстилочного – 40–50 т/га. Органические удобрения вносятся под вспашку.

Дозы минеральных удобрений рассчитываются комплексным методом с использованием ЭВМ или определяются по рекомендациям научных учреждений. Средние расчетные дозы минеральных удобрений под озимую тритикале на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной, приведены в табл. 6.6.

Для корректировки доз минеральных удобрений при возделывании озимой тритикале на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах при расчете доз азотных и калийных удобрений вводится поправочный коэффициент 1,1, фосфорных – 0,9. На торфяно-болотных

почвах при расчете доз азотных удобрений поправочный коэффициент – 0,7, фосфорных – 1 и калийных – 1,1.

Таблица 6.6. Дозы минеральных удобрений* под озимую тритикале на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
		31–40	41–50	51–60	61–70	71–80
Азотные	–	80–100	100–120	120–140	140–160**	160–180**
Фосфорные	Менее 100	70–90	×	×	×	×
	101–150	60–70	×	×	×	×
	151–200	40–60	60–70	×	×	×
	201–300	30–40	40–50	50–60	60–75	75–90
	301–400	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40
Калийные	Менее 80	80–100	×	×	×	×
	81–140	60–80	×	×	×	×
	141–200	50–70	70–90	×	×	×
	201–300	40–50	50–70	70–90	90–110	110–130
	301–400	30–35	35–40	40–45	45–50	50–60

*На фоне внесения 20–30 т/га органических удобрений; **на фоне ретардантов.

На низкокультуренных почвах с невысокими запасами подвижных форм фосфора и калия высокая урожайность озимой тритикале не планируется, дозы минеральных фосфорных и калийных удобрений в соответствующей таблице не приводятся.

Фосфорные и калийные удобрения под озимую тритикале вносят до сева под основную обработку почвы. Под озимую тритикале допускается основное внесение азота только на почвах слабокультуренных, с содержанием гумуса менее 1,8 % в дозе 20–30 кг при размещении после злаковых и крестоцветных предшественников.

Лучшей формой минеральных удобрений под озимые зерновые культуры с осени является сложносмешанное комплексное удобрение марки НПК 5:16:35, выпускаемое Гомельским химическим заводом. При отсутствии комплексных удобрений в качестве фосфорных удобрений используют аммофос, аммонизированный суперфосфат, калийных – хлористый калий.

Формирование высоких урожаев зерна в большой степени определяется системой применения азотных удобрений.

Для получения урожайности озимой тритикале 40–50 ц/га азотные удобрения вносят в три срока: до посева (при необходимости), в начале возобновления весенней вегетации, в стадию выхода в трубку

(стадия 1-го узла, 31 стадия). При формировании высокопродуктивных посевов (урожайность зерна 60 ц/га и выше) необходима большая доза азота. Поэтому в стадию флагового листа (37 стадия) на посевах озимой тритикале проводят еще одну подкормку.

Первую подкормку азотными удобрениями весной проводят в начале возобновления активной вегетации растений при достижении устойчивой среднесуточной температуры на уровне 5 °С и выше и когда появятся на растениях отрастающие белые корешки. Провести ее надо в максимально сжатые сроки (не более чем за 10–12 дней), так как при поздних сроках подкормки на боковых побегах сформируется укороченный колос, который не даст полноценного зерна или не успеет созреть к началу уборки. Следует иметь в виду, что при избыточном азотном питании растения усиленно кустятся весной, чрезмерно увеличивается вегетативная масса в ущерб формированию репродуктивных органов. Такие растения предрасположены к полеганию и поражению болезнями. Рекомендуемая доза азота для первой ранневесенней подкормки озимой тритикале – 60–70 кг/га, лучшей формой азотных удобрений является КАС (без разбавления), которая позволяет внести азот по поверхности поля с максимальной равномерностью.

Вторая подкормка проводится в стадию первого узла (над поверхностью почвы начинает прощупываться первый узел, 31 стадия). В эту стадию закладывается основной потенциал урожайности озимых зерновых культур (длина колоса, число зерен в колосе, масса зерна одного колоса). Рекомендуемая доза азота для второй подкормки – 35–40 кг/га. После начала трубкавания следует избегать ожогов листового аппарата, осторожно относиться к применению КАС и отдавать предпочтение твердым формам азотных удобрений – аммонийной селитре, карбамиду.

Третья подкормка в стадию последнего (флагового) листа планируется для получения урожаев более 60 ц/га. Оптимальная доза азота в этот период составляет 40–50 кг/га. Формы удобрений: аммонийная селитра, мочевина, КАС с разведением водой в соотношении 1:3 или 1:4 (использовать опрыскиватели с волочильными шлангами).

Получение высоких уровней урожайности озимой тритикале на фоне высоких доз азотных удобрений возможно при внесении ретардантов и должно сопровождаться активной химической защитой растений.

Из микроэлементов наибольшее значение для озимой тритикале имеют медь и марганец. Применение марганца оправданно, если зна-

чение обменной кислотности (pH_{KCl}) больше 6,0. Для средних уровней урожайности необходимо планировать проведение одной некорневой подкормки в стадию первого узла. Для высокопродуктивных посевов (50 ц/га и выше) рекомендуется двукратная некорневая подкормка микроэлементами в начале активной вегетации весной или в стадию первого узла и в стадию флагового листа. Технологическая схема для получения высоких урожаев озимой тритикале представлена в табл. 6.7. Наряду с простыми микроудобрениями сульфатом медью и сульфатом марганца эффективно использование жидких микроудобрений, содержащих микроэлементы в форме хелатных соединений (Адоб медь, Эколист моно медь, МикроСтим медь, Адоб марганец, Эколист моно марганец и др.).

Таблица 6.7. Технологическая схема применения минеральных удобрений под озимую тритикале (урожайность 70–100 ц/га)

Дозы удобрений и регуляторов роста	Формы удобрений	Сроки применения
Органические удобрения 40–50 т/га	Соломистый или торфяной навоз	Осенью под вспашку
$N_{14-20}P_{60-90}K_{12-140}$	Аммофос, хлористый калий	До посева
N_{60-70}	КАС или карбамид	Весной в начале вегетации
N_{35-40}	Карбамид	В фазу начала выхода в трубку
1,0–1,25 л/га 0,2л/га 0,5л/га	Регуляторы роста: Хлормекватхлорид 750, или Моддус, или Серон	В стадию первого узла, расход рабочего раствора – 200 л/га
$Cu_{50}Mn_{50}$	Сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец, или МикроСтим медь и МикроСтим марганец	Некорневые подкормки: в стадию первого узла с добавлением мочевины – 10–15 кг на 200 л рабочего раствора*
N_{40-50}	КАС (внесение опрыскивателем с волочильными шлангами) или карбамид	В фазу появления флагового листа
0,2 л/га 0,5 л/га	Регуляторы роста: Моддус или Серон	Появление – полное развитие флагового листа

*Возможно применение в баковой смеси с ретардантом и фунгицидом.

6.2. Яровые зерновые культуры

Яровая пшеница

Из яровых зерновых культур яровая пшеница наиболее требовательна к плодородию почвы. У яровой пшеницы наиболее короткий вегетационный период и более сжатый период поглощения элементов питания, чем у озимой пшеницы. Количество же элементов питания, выносимое с 1 т основной продукции с учетом побочной, примерно такое же, как и у озимой пшеницы.

Яровая пшеница хорошо удаётся на почвах с pH_{KCL} 6,0–7,3.

На формирование 1 т зерна яровая пшеница потребляет в среднем 30,4 кг N, 11,6 кг P_2O_5 и 24,7 кг K_2O . У яровой пшеницы по сравнению с озимой менее развита корневая система, она слабо кустиста. Это вызывает необходимость обеспечения полноценного питания на всем протяжении вегетационного периода.

Наибольшую потребность в азоте яровая пшеница испытывает в период от начала кущения до выхода в трубку, за это время она поглощают около 40 % азота от потребляемого за весь вегетационный период. Недостаток азота в этот период приводит к нарушению формирования генеративных органов и снижению урожайности.

Критическим периодом фосфорного питания яровой пшеницы является начальный период роста. Обеспеченность фосфором яровых зерновых в этот период способствует хорошему развитию корневой системы, формированию крупного колоса, более раннему созреванию растений. Фосфорные удобрения дают меньшую прибавку урожая, чем азотные, но без них растения хуже развиваются.

Наибольшее количество калия яровые культуры потребляют в первые периоды роста. Более высокая эффективность калийных удобрений отмечается при низкой обеспеченности почв подвижным калием.

Поглощение питательных элементов у яровых зерновых заканчивается в основном к периоду колошения-цветения.

Яровая пшеница на дерново-подзолистых почвах хорошо использует последнее действие органических удобрений, внесенных под предшественник.

Дозы минеральных удобрений при возделывании яровых зерновых культур рассчитываются для каждого конкретного поля с учетом типа почвы и ее гранулометрического состава, планируемой урожайности,

обеспеченности почвы подвижными соединениями фосфора и калия, предшественника, последствий органических удобрений.

Рекомендуемые дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от типа почвы, уровня планируемой урожайности и содержания в почве подвижных соединений фосфора и калия приведены в табл. 6.8, прил. 24, 60, 61.

Таблица 6.8. **Рекомендуемые дозы минеральных удобрений под яровую пшеницу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной**

Удобрения, кг/га д. в.*	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
		31–40	41–50	51–60	61–70	71–80
Азотные	–	60–70	70–80	80–90	90–100	100–120
Фосфорные	Менее 100	65–80	×	×	×	×
	101–150	55–70	70–80	×	×	×

Если расчетные дозы азотных удобрений не превышают 60–70 кг/га, то их эффективнее вносить в один прием под предпосевную культивацию.

Доза для подкормки может корректироваться на основании данных растительной диагностики.

Из азотных удобрений до сева применяются любые формы, лучшей является КАС, которая позволяет внести азот с максимальной равномерностью. В подкормку в стадию первого узла используют медленнодействующую мочевину (с гуматами), КАС с разбавлением водой 1:4. При отсутствии КАС первую азотную подкормку допускается проводить карбамидом с гуматами или аммонийной селитрой.

Для увеличения содержания белка и клейковины поздняя азотная некорневая подкормка в начале колошения яровой пшеницы проводится 10%-ным раствором карбамида. В раствор можно добавить сульфат аммония (5–10 кг/га в физическом весе). Сера, содержащаяся в этом удобрении, способствует увеличению содержания белка в зерне.

Фосфорные и калийные удобрения следует вносить осенью с заделкой под зяблевую вспашку, культивацию или весной под предпосевную культивацию.

Из имеющегося ассортимента минеральных удобрений лучшими формами являются аммофос, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий.

Для внесения под предпосевную культивацию рекомендуется сложносмешанное комплексное удобрение марки 16:12:20, выпускаемое на Гомельском химическом заводе (содержит 16 % азота, 12 % фосфора и 20 % калия).

Для обеспечения яровой пшеницы фосфором в критический период при наличии комбинированных сеялок вносят 10–20 кг/га фосфора в рядки при посеве. Лучшими формами удобрения из производимых в Республике Беларусь являются аммонизированный суперфосфат, аммофос.

Эффективным приемом при возделывании яровых зерновых культур является некорневая подкормка медью, а на почвах с pH более 6,0 – марганцем. Оптимальные сроки проведения некорневой подкормки – стадия первого и второго узла, доза – 50 г/га меди и марганца. Технологические схемы применения минеральных макро- и микроудобрений в основные периоды роста яровой пшеницы приводятся в табл. 6.9, 6.10.

Таблица 6.9. Технологическая схема применения минеральных удобрений под яровую пшеницу (урожайность 50–60 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{60}P_{60-90}K_{120-150}$	Карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу первого узла
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	Сульфат меди и сульфат марганца, или МикроСтим медь и МикроСтим марганец, или Адоб медь и Адоб марганец	Некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га), или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц – 1,2–1,5 л/га	Опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Таблица 6.10. Технологическая схема применения удобрений под яровую пшеницу (урожайность 61–80 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{60-90}P_{90-120}K_{150-180}$	Карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу первого узла
Фунгицид	Альто Супер, 0,6 л/га, или др.	В стадию флагового листа
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	Сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец, или МикроСтим медь и МикроСтим марганец	Некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га) или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц – 1,0–1,5 л/га	Опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Из медных удобрений применяются серноокислая медь и удобрения, содержащие медь в хелатной форме (Адоб медь, Эколист моно медь, МикроСтим медь и другие). Из марганцевых удобрений используются серноокислый марганец, Адоб марганец.

Ячмень

Ячмень отличается повышенными требованиями к уровню питания, что объясняется очень коротким вегетационным периодом (70–110 дней) и чрезвычайно быстрым ходом потребления питательных элементов. Период поглощения питательных веществ у ячменя в основном заканчивается к середине вегетации, примерно за 40 дней до созревания. Ко времени выхода в трубку он потребляет около 70 % калия, 40 % фосфора и более 60 % азота, используемых за весь вегетационный период. По выносу элементов питания ячмень мало отличается от озимых зерновых культур. Для формирования 1 т зерна вместе с соломой ячмень потребляет в среднем 29,1 кг N, 11,9 кг P₂O₅ и 27,4 кг K₂O.

Ячмень лучше удается на окультуренных плодородных почвах с реакцией, близкой к нейтральной (pH_{KCL} 6,0–7,0). Он хорошо использует последствие органических удобрений, внесенных под предшественник. В связи с этим в севооборотах его хорошо размещать после пропашных культур.

При выращивании высокобелкового кормового ячменя необходимо повышенное азотное питание в сочетании с оптимальным фосфорным и калийным удобрением. Расчетные дозы минеральных удобрений под ячмень фуражный приведены в табл. 6.11 (прил. 60, 61).

На торфяно-болотных почвах для ячменя к дозам удобрений, приведенных для дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных на морене почв, вводятся поправочные коэффициенты: по N – 0,4, P₂O₅ – 1,0 и K₂O – 1,1, а также можно воспользоваться прил. 61.

Основную дозу азотных (60 кг/га д. в.), а также фосфорные и калийные удобрения под ячмень обычно вносятся весной под культивацию или прямой посев после разбрасывания удобрений комбинированными почвенно-посевными агрегатами. На связных почвах фосфорные и калийные удобрения могут вноситься под ячмень с осени. Из имеющегося ассортимента минеральных удобрений в республике лучшими формами являются КАС (для основного внесения), карбамид, аммофос, диаммофос, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий. В фазу начала выхода в трубку проводится подкормка твердыми азотными удобрениями (карбамид, аммиачная селитра) в дозе 30 кг/га д. в. Необходимо отметить, что подкормки азотными удобрениями могут быть эффективными только при достаточном увлажнении почвы.

Таблица 6.11. Дозы минеральных удобрений* под ячмень на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		31–40	41–50	51–60	61–70
Азотные	–	60–70	70–80	80–90	90–100**
Фосфорные	Менее 100	65–80	×	×	×
	101–150	55–70	×	×	×
	151–200	40–55	55–70	×	×
	201–300	30–40	40–50	50–60	60–70
	301–400	20–30	20–25	25–30	30–35
Калийные	Менее 80	80–110	×	×	×
	81–140	70–90	×	×	×
	141–200	50–70	70–90	×	×
	201–300	40–60	60–80	80–100	100–120
	301–400	30–35	35–40	40–45	45–50

*На фоне последействия 30–400 т/га органических удобрений; **на фоне ретардантов (Терпал Ц – 1,0–1,5 л/га на пшенице в фазу появления флагового листа и Моддус – на посевах ячменя в дозе 0,3 л/га в фазу начала выхода в трубку (образование второго междоузлия) и 0,3 л/га – в период появления последнего листа).

Технологическая схема применения минеральных удобрений под ячмень продовольственный приведена в табл. 6.12, 6.13.

Таблица 6.12. Технологическая схема применения минеральных удобрений под ячмень продовольственный (урожайность 50–60 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
N ₆₀ P _{60–90} K _{120–150}	Карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
N ₃₀	Карбамид	Подкормка в фазу первого узла
N ₃₀	Карбамид	Подкормка в фазу последнего листа
Cu ₅₀ Mn ₅₀	Сульфат меди и сульфат марганца, или ЭлГум медь и ЭлГум марганец, или Адоб медь и Адоб марганец	Некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га) или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц – 1,2–1,5 л/га	Опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Таблица 6.13. Технологическая схема применения удобрений под ячмень продовольственный (урожайность 61–80 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{60-90}P_{90-120}K_{150-180}$	Карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу первого узла
Фунгицид	Альто Супер, 0,6 л/га, или др.	В стадию флагового листа
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	Сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец, или МикроСтим медь и МикроСтим марганец	Некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га) или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц– 1,2–1,5 л/га	Опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

При возделывании ячменя рекомендуются подкормки медными и марганцевыми удобрениями в дозах по 50 г/га д. в. в фазу начала выхода в трубку. Марганцевые удобрения эффективны на дерново-подзолистых почвах с $r_{N_{KCL}}$ выше 6,0. Для подкормок микроудобрениями могут быть использованы сернокислая медь и сернокислый марганец или микроудобрения, содержащие эти микроэлементы в хелатных формах: Адоб медь, Адоб марганец, Эколист моно медь, Эколист марганец, МикроСтим медь, МикроСтим марганец и др. При проведении некорневой подкормки на 200 л рабочего раствора надо добавлять 10 кг/га карбамида.

Пивоваренный ячмень

В пивоваренном ячмене высокое содержание белка в зерне – отрицательный момент, так как чем больше белка, тем меньше крахмала, который является основным экстрактивным веществом. Поэтому система удобрения пивоваренного ячменя должна быть направлена на повышение содержания в зерне не белка, а крахмала и общего выхода экстрактивных веществ. Хороший пивоваренный ячмень содержит 58–65 % крахмала и выше, а экстрактивность колеблется в пределах 75–82 % массы сухого вещества. Разница между этими величинами (14–15 %) падает на долю водорастворимых органических соединений,

способных при экстрагировании переходить в раствор. Чем выше экстрактивность зерна ячменя, тем больше выход пива. Высокие дозы азота повышают белковость зерна и снижают пивоваренные качества ячменя. В связи с этим рекомендуется разовое внесение под пивоваренный ячмень азотных удобрений (N_{60}), учитывая ограничения по белку (9–12 % при оптимальном содержании 10,5 %).

Оптимальные дозы минеральных удобрений под ячмень пивоваренный приводятся в табл. 6.14.

Таблица 6.14. Дозы минеральных удобрений* под пивоваренный ячмень на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг почвы	Планируемый урожай (зерно), ц/га			
		31–40	41–50	51–60**	61–80**
Азотные	–	50–60	50–60	50–60	70–80
Фосфорные	Менее 100	65–80	×	×	×
	101–150	55–70	×	×	×
	151–200	40–55	55–70	×	×
	201–300	30–40	40–50	50–60	60–70
	301–400	20–30	20–25	25–30	30–35

*На фоне последействия 50–60 т/га органических удобрений; **на фоне ретардантов (Моддус – в дозе 0,3 л/га в фазу начала выхода в трубку (образование второго междоузлия) и 0,3 л/га – в период появления последнего листа).

Дозы азотных удобрений до 60 кг/га и расчетные дозы фосфорных и калийных удобрений применяются в один прием до посева с заделкой под культивацию. На связных почвах фосфорные и калийные удобрения можно внести с осени. При наличии специально оборудованных сеялок 15–20 кг/га д. в. фосфора целесообразно вносить в рядки при посеве. Лучшая форма удобрений для основного внесения – комплексное удобрение марки 9-18-24 с медью и марганцем или марки 10-18-22 с медью и марганцем.

На хорошо окультуренных почвах на посевах с потенциальной урожайностью 60–80 ц/га проводится одна подкормка азотными удобрениями в дозе до 20 кг/га д. в. фазу начала выхода в трубку.

Медные и марганцевые микроудобрения вносят в дозах по 50 г/га д. в. в фазу начала выхода в трубку так же, как и продовольственного ячменя.

Яровая тритикале

Для возделывания яровой тритикале более пригодными являются дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые почвы. Можно эту культуру возделывать и на супесях, подстилаемых моренным суглинком. Оптимальные агрохимические показатели почвы для этой культуры: pH_{KCL} 5,5–7,0, содержание гумуса не менее 1,6 %, подвижного фосфора и калия не менее 150 мг/кг.

Яровая тритикале на 1 т основной продукции с учетом побочной в среднем выносит 25,3 кг N, 12 кг P_2O_5 и 21,9 кг K_2O . Она по сравнению с другими яровыми зерновыми культурами имеет более длительный вегетационный период и хорошо отзывается на подкормки азотными удобрениями.

От начала выхода в трубку до колошения яровая тритикале потребляет примерно $\frac{2}{3}$ – $\frac{3}{4}$ всего количества азота и зольных элементов. В период развития яровой тритикале от появления всходов до конца кущения потребляется меньше элементов минеральной пищи, чем в последующие фазы развития растений. Однако в этот период яровая тритикале весьма чувствительна к недостатку питательных элементов и особенно фосфора.

Дозы минеральных удобрений зависят от типа почвы, гранулометрического состава, обеспеченности почвы подвижными формами фосфора, калия, предшественников (табл. 6.15 и прил. 60, 61). Фосфорные и калийные удобрения на связных почвах можно вносить с осени, чаще P_2O_5 – 50–90 кг д. в., K_2O – 60–120 кг д. в. с учетом плодородия почвы. Можно их применять и весной. Наибольшее значение в формировании урожайности яровой тритикале имеют азотные удобрения, которые следует вносить в предпосевную культивацию или прямой посев после разбрасывания удобрений почвенно-посевными агрегатами в дозе N_{80-90} . Дробное внесение азота в подкормку в фазу начала выхода в трубку проводится твердыми азотными удобрениями (карбамид, аммонийная селитра, КАС при разбавлении водой 1:4) в дозе 30 кг д. в. При планировании высоких урожаев применяются ретарданты (Терпал Ц и др.). Из имеющегося ассортимента рекомендуется под предпосевную культивацию применять комплексные удобрения марки 16:12:20.

Таблица 6.15. Дозы минеральных удобрений* под яровое тритикале на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		31–40	41–50	51–60	61–70
Азотные	–	60–70	70–80	80–90	90–100**
Фосфорные	Менее 100	65–80	×	×	×
	101–150	55–70	×	×	×
	151–200	40–55	55–70	×	×
	201–300	30–40	40–50	50–60	60–70
	301–400	20–30	20–25	25–30	30–35
Калийные	Менее 80	80–110	×	×	×
	81–140	70–90	×	×	×
	141–200	50–70	70–90	×	×
	201–300	40–60	60–80	80–100	100–120
	301–400	30–35	35–40	40–45	45–50

*На фоне последствия 30–40 т/га органических удобрений; **поправочный коэффициент к дозам, приведенным в табл. 6.6 для дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв, подстилаемых песками, – для азота – 1,1, P₂O₅ – 0,9, K₂O – 1,1, а для торфяных 0,4, 1,1 и 1,1 соответственно.

В припосевное внесение при наличии комбинированных сеялок вносят 15–20 кг P₂O₅ фосфорных удобрений в рядки. Лучшими формами являются аммофос и суперфосфаты.

Микроэлементы играют важную роль в получении высокой урожайности зерна яровой тритикале хорошего качества. Наиболее чувствительна эта культура к недостатку меди, а также марганца на почвах с рН_{KCl} больше 6,0. Некорневую подкормку медью и марганцем проводят в фазу начала выхода в трубку в дозе 50 г/га д. в. При запланированной урожайности зерна свыше 50 ц/га целесообразно дополнительно внести микроэлементы в фазу флаг-листа.

Применяются микроэлементы прежде всего на почвах с низкой и средней обеспеченностью, на почвах с высоким содержанием микроэлементов, как правило, их не вносят. Наряду с простыми солями (сернокислая медь, сернокислый марганец), эффективным приемом является некорневая подкормка жидкими микроудобрениями, содержащими микроэлементы в хелатной форме (препараты Эколист, Адоб, МикроСтим и др.). Микроудобрения растворяют в гектарной норме воды (200–300 л/га).

Технологическая схема применения удобрений при возделывании яровой тритикале приведена в табл. 6.16, 6.17.

Таблица 6.16. Технологическая схема применения минеральных удобрений под яровое тритикале (урожайность 50–60 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{60}P_{60-90}K_{120-150}$	Карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу первого узла
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	Сульфат меди и сульфат марганца, или ЭлеГум медь и ЭлеГум марганец, или Адоб медь и Адоб марганец	Некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га) или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц – 1,2–1,5 л/га	Опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Таблица 6.17. Технологическая схема применения удобрений под яровое тритикале (урожайность 61–80 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{60-90}P_{90-120}K_{150-180}$	Карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу первого узла
Фунгицид	Альто Супер, 0,6 л/га, или другие	В стадию флагового листа
N_{30}	Карбамид	Подкормка в фазу последнего листа
$Cu_{50}Mn_{50}$	Сульфат меди и сульфат марганца, или Адоб медь и Адоб марганец, или МикроСтим медь, или МикроСтим марганец	Некорневая подкормка в фазу первого узла с добавлением карбамида (10 кг/га) или КАС (10 л/га), расход рабочего раствора – 200 л/га
Регулятор роста	Терпал Ц – 1,2–1,5 л/га	Опрыскивание посевов в фазу появления флагового листа, расход рабочего раствора – 200 л/га

Овес

По сравнению с другими яровыми зерновыми культурами овес имеет более растянутый период поглощения элементов питания. Он мирится с кислыми почвами, но лучшие урожаи дает на слабокислых и нейтральных почвах. Оптимальная реакция почвенной среды pH_{KCl} 5,0–6,5. Овес обладает высоким потенциалом биологической продук-

тивности, лучше, чем ячмень и яровая пшеница, усваивает питательные вещества из почвы, хорошо использует последствие ранее вносимых удобрений.

С одинаковым урожаем овес выносит несколько больше фосфора и калия и меньше азота, чем ячмень. На образование 1 т урожая зерна и соответствующего количества побочной продукции он потребляет в среднем 25,9 кг N, 12,4 кг P₂O₅ и 28,6 кг K₂O.

При возделывании овса на дерново-подзолистых почвах, особенно легких, обнаруживается сильное действие азотных удобрений. Достаточное обеспечение овса фосфором способствует хорошему росту корневой системы, формированию качественного зерна, более раннему созреванию растений. Наибольшее количество калия растения поглощают в первые периоды роста. Калий регулирует водный обмен, повышает засухоустойчивость, сопротивляемость к болезням и вредителям, устойчивость к полеганию, ускоряет созревание зерна.

Овес является менее требовательной культурой к плодородию почвы и предшественнику, поэтому в севообороте его обычно размещают в последнем поле.

Система удобрения овса трехчленная и включает внесение удобрений до посева, при посеве и в подкормку.

Фосфорные и калийные удобрения следует вносить осенью под зяблевую вспашку, культивацию или весной – под предпосевную культивацию.

Из имеющегося ассортимента минеральных удобрений лучшими формами являются аммофос, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий.

Дозы удобрений дифференцируются в зависимости от уровня планируемой урожайности, предшественника, типа гранулометрического состава, обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия (табл. 6.18, прил. 60).

Поскольку овес является ценной фуражной и продовольственной культурой, важное значение имеет качество зерна, особенно количество и состав белков. Белки овса имеют высокую биологическую ценность (60–70 %). Для повышения содержания белка азотные удобрения под эту культуру рекомендуется применять дробно.

Из азотных удобрений до посева применяются любые формы, лучшей является КАС, которая позволяет внести азот равномерно. Если расчетные дозы азота не превышают 60 кг/га д. в., то их эффективнее вносить в один прием под предпосевную культивацию. При наличии

комбинированных сеялок в рядки при посеве вносится 15–20 кг P₂O₅ в форме аммофоса, аммонизированного суперфосфата или другого водорастворимого фосфорного удобрения. Дозы азотных удобрений более 60 кг/га вносятся дробно: до посева и часть азота в подкормку в фазу конец кушения – начало выхода в трубку. В подкормку используют карбамид, КАС с разбавлением водой 1:4. Можно использовать также карбамид с гуматами и аммонийную селитру. Подкормки азотными удобрениями могут быть эффективными лишь при достаточном увлажнении почвы.

Таблица 6.18. Дозы минеральных удобрений под овес на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемый урожай (зерно), ц/га			
		31–40	41–50	51–60	Более 60
Азотные	–	60–70	70–80	80–90	90–100**
Фосфорные	Менее 100	65–80	×	×	×
	101–150	55–70	×	×	×
	151–200	40–55	55–70	×	×
	201–300	30–40	40–50	50–60	60–70
	301–400	20–30	20–25	25–30	30–35
Калийные	Менее 80	80–110	×	×	×
	81–140	70–90	×	×	×
	141–200	50–70	70–90	×	×
	201–300	40–60	60–80	80–100	100–120
	301–400	30–35	35–40	40–45	45–50

**Дозы минеральных удобрений для дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв, подстилаемых песками, по сравнению с приведенными в таблице, умножаются по азоту на коэффициент 1,1, фосфору – 0,9, калию – 1,1, а для торфяных – на 0,4, 1,0, 1,1 соответственно.

Овес хорошо отзывается на применение медных микроудобрений, а на почвах с рН_{KCl} более 6,0 и марганцевых. Эти микроудобрения в некорневую подкормку вносятся в дозах 50 г/га д. в. меди и марганца в фазу начала выхода в трубку. Для подкормки могут быть использованы сернокислая медь и сернокислый марганец или микроудобрение, содержащее эти микроэлементы в хелатной форме: Адоб медь, Адоб марганец, Эколист моно медь, Эколист моно марганец, МикроСтим медь, МикроСтим марганец и др. При проведении некорневой подкормки микроудобрениями на 200 л рабочего раствора рекомендуется добавлять 10 кг/га карбамида.

6.3. Зернобобовые культуры

Возделывание различных видов зернобобовых культур (горох, люпин, вика яровая, соя) является важнейшим звеном в системе кормопроизводства Республики Беларусь и обусловлено главным образом запросами комбикормовой промышленности для балансирования концентрированных кормов по переваримому белку.

Для устранения дефицита белка РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» предложил ввести оптимизированную структуру посевных площадей. В этой структуре предусмотрено увеличение посевных площадей под зернобобовыми культурами до 350 тыс. га, из них люпина узколистного – 130 тыс., гороха – 150 тыс., вики яровой – 70 тыс. и сои – 25 тыс. га. Это даст возможность ежегодно выделять на кормовые цели около 700 тыс. т. зерна зернобобовых и обеспечить республику собственными семенами этих культур.

Основной биологической особенностью зернобобовых культур (горох, вика, пелюшка, люпин, кормовые бобы) является фиксация азота воздуха благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, что снижает их потребность в азотных удобрениях. Коэффициент азотфиксации у этих культур составляет в среднем 60 % от общего потребления азота на формирование урожая. Примерно 75 % азота, фиксированного бактериями из воздуха, используется растениями, а 25 % остается в клубеньках и после минерализации пожнивно-корневых остатков зернобобовых культур способствует улучшению азотного питания последующих культур. Благодаря симбиотической деятельности, с пожнивными остатками в почве накапливается от 50 до 150 кг/га азота в зависимости от культуры.

Кроме того, зернобобовые культуры, выделяя лимонную кислоту через корневую систему, переводят многие труднорастворимые соединения фосфора, кальция и калия в легкодоступные, обогащая ими пахотный слой. Хорошо развитая корневая система зернобобовых культур обеспечивает рыхление, оструктурирование и дренажирование пахотного слоя и подпахотного горизонта, улучшая их водно-физические свойства. Это снижает эрозию почв, повышает их биологическую активность, стабилизирует баланс гумуса. В большей степени это проявляется у люпина и гороха.

Наиболее благоприятные условия для симбиотической азотфиксации создаются на оптимальном уровне фосфорно-калийного питания и обеспеченности доступным молибденом – микроэлементом, прини-

мающем участие в азотфиксации. Повышенное содержание в почве минерального азота значительно уменьшает азотфиксацию, и зернобобовые культуры становятся такими же потребителями азота, как и другие.

Для возделывания гороха, вики, пелюшки и кормовых бобов наиболее пригодными являются дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые почвы, а также супеси, подстилаемые связными породами. Оптимальные агрохимические показатели почвы: рН – 6,0–6,5, содержание гумуса – не ниже 1,8 %, подвижных соединений фосфора и калия – не менее 150 мг/кг.

Пелюшка, вика, кормовые бобы предъявляют более высокие требования к плодородию почвы, чем люпин. Они лучше растут на связных по гранулометрическому составу почвах, хорошо реагируют на известкование. Оптимальное значение рН_{KCL} для них 6–7.

Зернобобовые культуры требовательны к определению места в севообороте. В связи с накоплением в почве инфекции корневых гнилей не допускается возвращение бобовых на прежнее поле севооборота ранее чем через 5–6 лет. Лучший предшественник – озимые и яровые зерновые.

Зернобобовые культуры, особенно люпин, чувствительны к высокому содержанию хлора в почве. Эти культуры более или менее равномерно потребляют питательные вещества почвы и удобрений. Горох и вика заканчивают потребление питательных веществ в конце цветения, люпин – при созревании бобов на главном стебле.

Указанные биологические особенности зернобобовых культур определяют потребность их в минеральных удобрениях.

В среднем на формирование 1 т зерна зернобобовые потребляют 61,7 кг азота, 17,6 кг фосфора, 37,2 кг калия.

Система удобрения пелюшки, вики, кормовых бобов минеральная, двучленная, включающая основное внесение и некорневую подкормку микроудобрениями.

Непосредственное внесение органических удобрений (30 т/га) рекомендуется только под кормовые бобы.

Высокую потребность в азоте зернобобовые могут удовлетворять фиксацией клубеньковыми бактериями из воздуха и поглощением из почвы. Обычно они не нуждаются во внесении азотных удобрений.

Под вику, пелюшку азотные удобрения в дозе 30–60 кг/га д. в. вносят под предпосевную культивацию на почвах с содержанием гумуса менее 1,8 % и при неблагоприятных условиях для азотфиксации (дефицит влаги, низкая температура).

Внесение азотных удобрений под эти культуры нерационально. При внесении азотных удобрений они переходят на автотрофный тип питания и вместо накопления азота становятся азотопотребителями. Как исключение, на почвах с низким плодородием (гумуса менее 1,5 %), в условиях прохладной затяжной весны, если в стадии 3–4 листьев нет биологически активных клубеньков, вносят 20–30 кг/га азота.

Применение азота экономически выгодно заменить инокуляцией семян зернобобовых бактериальным удобрением Сапронит. Предпосевная обработка 1 т семян проводится рабочей смесью: 1 л Сапронита + 10 л воды (непосредственно перед посевом). Инокуляция семян проводится на машинах для протравливания в крытых помещениях. Хранить обработанные семена не рекомендуется.

Дозы внесения фосфорных и калийных удобрений зависят от планируемой урожайности и содержания доступных форм этих веществ в почве (табл. 6.19, прил. 60, 61). Под посевы зернобобовых культур используются все виды фосфорных и калийных удобрений.

Таблица 6.19. Дозы минеральных удобрений под зернобобовые культуры на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		15–20	21–25	26–35	36–40
Фосфорные	Менее 100	50–70	70–90	×	×
	101–150	40–60	60–80	80–90	×
	151–200	30–45	45–60	60–75	70–90
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60
	301–400	–	10–15	10–15	15–20
Калийные	Менее 80	80–100	100–120	×	×
	81–140	70–90	90–110	110–130	×
	141–200	60–70	70–90	90–110	110–130
	201–300	40–60	60–80	80–100	100–120
	301–400	–	20–30	30–40	40–50

Фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под зяблевую вспашку. На легких почвах, где это невозможно из-за опасности вымывания, калий необходимо вносить рано весной под первую культуризацию в виде сульфата калия.

Люпин

При разработке системы удобрения под люпин необходимо учитывать не только повышение урожайности, но и качество продукции. Фосфорные и калийные удобрения повышают содержание белка в се-

менах люпина на 1,0–1,5 % и более. Положительное влияние на увеличение содержания белка в зерне люпина оказывают и молибденовые удобрения.

Основной биологической особенностью люпина является фиксация азота воздуха благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, что снижает потребность в азотных удобрениях. Коэффициент азотфиксации у него составляет в среднем 60 % от общего потребления азота на формирование урожая. Примерно 75 % азота, фиксированного бактериями из воздуха, используется растениями, а 25 % остается в клубеньках и после минерализации пожнивно-корневых остатков способствует улучшению азотного питания последующих культур. Он фиксирует из воздуха до 160–180 кг/га азота. Другим культурам он после себя оставляет 50–100 кг/га азота.

Важная особенность люпина – способность поглощать из почвы и удобрений труднорастворимые формы фосфора.

Наиболее благоприятные условия для симбиотической азотфиксации создаются на оптимальном уровне фосфорно-калийного питания и обеспеченности доступным молибденом – микроэлементом, принимающем участие в азотфиксации.

Повышенное содержание в почве минерального азота значительно уменьшает азотфиксацию, эта культура становится таким же потребителем азота, как и другие.

Люпин узколистный предпочитает песчаные, супесчаные и легкосуглинистые почвы. Оптимальное значение pH_{KCl} для него 5,0–5,6, а для люпина желтого – 4,5–5,0. Люпин узколистный переносит pH_{KCl} от 4,5 до 7,5.

Он является типичным хлорофобом. Эта культура более или менее равномерно потребляет питательные вещества почвы и удобрений. Люпин заканчивает потребление элементов питания при созревании бобов на главном стебле.

Указанные биологические особенности определяют потребность его в минеральных удобрениях.

В среднем на 1 т семян и соответствующего количества побочной продукции люпин выносит 84,3 кг азота, 19,9 кг фосфора и 44 кг калия.

Система удобрения люпина минеральная, двучленная, включающая основное внесение и некорневую подкормку микроудобрениями.

Высокую потребность в азоте люпин удовлетворяет фиксацией клубеньковыми бактериями из воздуха и поглощением из почвы. Обычно он не нуждается во внесении азотных удобрений.

Внесение под люпин азотных удобрений нерационально. Как исключение, на почвах с низким плодородием (гумуса менее 1,5 %), в условиях прохладной затяжной весны, если в стадии 3–4 листьев нет биологически активных клубеньков (в разрезе они должны быть розового цвета), вносят 20–30 кг/га азота.

Дозы внесения фосфорных и калийных удобрений зависят от планируемой урожайности и содержания доступных форм этих веществ в почве (табл. 6.20, прил. 60).

Люпин – типичный хлорофоб, и калийные удобрения, содержащие хлор, рекомендуется на связных почвах вносить с осени. Лучший срок внесения фосфорных и калийных удобрений – осенью под зяблевую вспашку. На легких почвах, где это невозможно из-за опасности вымывания калия, хлористый калий необходимо вносить рано весной под первую культивацию.

Таблица 6.20. Дозы минеральных удобрений под люпин на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		15–20	21–25	26–35	36–40
Фосфорные	Менее 100	50–70	70–90	×	×
	101–150	40–60	60–80	80–90	×
	151–200	30–45	45–60	60–75	70–90
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60
	301–400	–	10–15	10–15	15–20
Калийные	Менее 80	80–100	100–120	×	×
	81–140	70–90	90–110	110–130	×
	141–200	60–70	70–90	90–110	110–130
	201–300	40–60	60–80	80–100	100–120
	301–400	–	20–30	30–40	40–50

Характерной особенностью люпина, особенно желтого, является устойчивость к повышенной кислотности почвенного раствора и негативное отношение к избытку кальция.

При этом из-за антагонизма между калием и кальцием значительно ухудшается калийный режим питания. Поэтому на известкованных участках дозы внесения калия необходимо увеличить на 20–30 % по сравнению с расчетными на планируемый урожай. Чтобы избежать отрицательного действия известкования почвы на урожайность люпина, его в севообороте необходимо проводить за 3–4 года до того, как на данном поле будет возделываться эта культура.

Лучшая форма известковых удобрений – доломитовая мука. На дерново-подзолистых почвах положительное влияние на урожайность семян люпина оказывают микроэлементы бор и молибден, активизирующие процесс симбиотической фиксации азота. В фазу бутонизации рекомендуется некорневая подкормка бором и молибденом в дозе по 50 г/га д. в. Микроудобрения рекомендуется применять в составе баковой смеси с инсектицидами. Возможна обработка семян борной кислотой (300 г/т семян) и молибдатом аммония (250 г/т). Можно проводить некорневые подкормки также микроудобрениями Эколист моно бор и Адоб бор в дозе 0,3 л/га в баковой смеси с инсектицидами. Для улучшения азотфиксации проводится предпосевная обработка 1 т семян люпина рабочей смесью: 1 л Сапронита + 10 л воды (непосредственно перед посевом).

Соя

При возделывании сои в комплексе агротехнических приемов ведущая роль принадлежит минеральным удобрениям.

Соя является высокобелковой культурой. Она содержит 33–35 % белков и 17–20 % жира. Характерная особенность белка сои – наличие в нем большого количества альбуминов, которые составляют 90 % суммарного белка. Поскольку эта фракция сбалансирована по аминокислотному составу, то в белке сои незаменимые аминокислоты составляют 33,5–35,0 суммарного белка, в том числе около 7 % лизина. Биологическая ценность белков сои высокая и составляет около 70 %.

Нормальное питание сои может протекать при реакции почвенной среды, близкой к нейтральной (pH_{KCL} 6,0–7,0), и она хорошо отзывается на известкование кислых почв.

В сравнении с другими культурами соя много выносит азота с урожаем. На 1 т урожая семян с учетом побочной продукции она потребляет 75 кг азота, 20 кг фосфора и 25 кг калия. Потребность сои в элементах питания определяется ее биологическими особенностями. В начале вегетации эта культура развивается слабо, от всходов до цветения ей требуется небольшое количество элементов питания. По мере приближения к фазе цветения требования ее к питанию значительно возрастают. Наибольшая потребность в элементах питания – в период от цветения до массового налива бобов, в это время растения поглощают 65 % азота, фосфора и калия. Содержание азота в растениях сои практически не изменяется, а содержание фосфора постепенно увеличивается. Наибольшее количество калия в растениях содержится в период цветения.

Соя предъявляет высокие требования к плодородию почвы и хорошо отзывается на внесение минеральных удобрений. Оптимальные дозы минеральных удобрений повышают урожайность на 5–7 ц/га и более, а белковость семян этой культуры возрастает на 2–3 %. Большинство данных свидетельствует о положительном действии на урожайность и качество семян сои лишь невысоких доз азота (40–60 кг/га). При этом эффективна и инокуляция семян препаратами клубеньковых бактерий. Лучшее соотношение питательных веществ с удобрениями по действующему веществу N:P:K – 1:1,5:2,0.

Как показали исследования на кафедре агрохимии БГСХА (Т. Ф. Персикова), более высокая урожайность семян сои при возделывании на среднекультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве была получена при внесении $N_{60}P_{60}K_{90}$. В зависимости от степени окультуренности почвы, содержания подвижных форм фосфора и калия эффективными дозами удобрений для сои, по данным опытов, проведенных в Беларуси, были $N_{30-60}P_{50-70}K_{60-120}$.

Эффективным приемом для сои является применение борных и молибденовых удобрений, а также инокуляция семян препаратами клубеньковых бактерий Соя-Риз в дозе 200 г на гектарную порцию семян. Некорневые подкормки микроэлементами применяются в фазе бутонизации бором и молибденом в дозе 50 г д. в. на 1 га.

Горох

Горох по составу зерна и соломы отличается от зерновых злаков повышенным содержанием азота, фосфора, калия, а часто магния и серы. На 1 т основной продукции с учетом побочной горох выносит 58,5 кг N, 14 кг P_2O_5 , 29,0 кг K_2O , 24 кг CaO, 4,8 кг MgO и 10,5 кг SO_4 . У гороха максимум накопления элементов питания происходит к концу вегетации.

Горох благодаря симбиозу с клубеньковыми микроорганизмами усваивает из атмосферы до 65–70 % азота, идущего на формирование урожая. Поэтому потребность в азотных удобрениях у него по сравнению с другими культурами значительно ниже. Внесение азотных удобрений в дозах 25–35 кг/га д. в. следует предусматривать только в годы с прохладной затяжной весной, когда в почве процессы азотфиксации проходят при неблагоприятных условиях (дефиците влаги в почве и низких температурах). Для увеличения азотфиксации применяют бактериальное удобрение.

Горох предъявляет более высокие требования к плодородию почв, чем люпин, он лучше растет на связных по гранулометрическому составу почвах, хорошо реагируют на известкование. Оптимальное значение pH_{KCL} для него 6–7. Он хорошо реагирует на внесение фосфорно-калийных удобрений, повышает урожайность семян, увеличивает фиксацию азота из атмосферы. Горох принадлежит к группе культур, которые хорошо используют запасы фосфора в почвах.

Горох хорошо отзывается на последствие органических удобрений. Биологические особенности зернобобовых культур определяют потребность их в минеральных удобрениях. Расчетные дозы фосфорных и калийных удобрений под горох приведены в табл. 6.21 (прил. 60). Азотные удобрения применяют в дозе 30–60 кг/га д. в., а также фосфорные и калийные вносят весной в один прием под культивацию. Хлорсодержащие калийные удобрения при возделывании гороха на дерново-подзолистых суглинистых почвах можно вносить с осени, так как он чувствителен к высокому содержанию хлора в почвах.

Таблица 6.21. Дозы минеральных удобрений под горох на дерново-подзолистых суглинистых и песчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		15–20	21–25	26–35	36–45
Фосфорные	Менее 100	50–70	70–90	×	×
	101–150	40–60	60–80	80–90	×
	151–200	30–45	45–60	60–75	70–90
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60
	301–400	–	10–15	10–15	15–20
Калийные	Менее 80	80–100	100–120	×	×
	81–140	70–90	90–110	110–130	×
	141–200	60–70	70–90	90–110	110–130
	201–300	40–60	60–80	80–100	100–120
	301–400	–	20–30	30–40	40–50

Горох хорошо отзывается на применение микроэлементов. Хорошим способом применения микроэлементов для него является обработка семян по 100–150 г д. в. молибдена и бора на 1 т семян. Эффективна также некорневая подкормка гороха в фазу бутонизации бором и марганцем в дозах 50 г/га д. в. Марганец эффективен на почвах с pH_{KCL} больше 6,0.

Горох хорошо реагирует на обработку семян Сапронитом из расчета 200 л на гектарную порцию семян.

6.4. Просо

Благодаря биологическим особенностям просо лучше других зерновых культур использует почвенную влагу, меньше страдает от засухи и весьма отзывчиво на улучшение технологии возделывания, в том числе и на удобрения.

Наиболее высокую урожайность просо формирует на связных почвах со слабокислой или нейтральной реакцией среды (pH_{KCL} 5,5–7,0). Наиболее пригодными для проса являются хорошо прогреваемые торфяно-болотные почвы, а также дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные, подстилаемые моренным суглинком. Допустимо возделывание на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых песками.

Рекомендуемое содержание гумуса – не менее 1,6 %, подвижных соединений фосфора и калия – не менее 150 мг/кг.

В первые фазы роста и развития просо растет очень медленно и мало использует элементов питания. У этой культуры короткий период потребления питательных веществ: от кущения до налива зерна просо в течение 45–55 дней использует 80–90 % элементов питания. Максимум поступления азота и калия отмечается в фазе выметывания, фосфора – в фазе восковой спелости.

На формирование 1 т зерна и соответствующего количества соломы используется 30–32 кг азота, 13–15 кг фосфора, 32–34 кг калия, 10–13 кг кальция.

Система удобрения проса минеральная, включающая основное, припосевное внесение и подкормку.

Просо исключительно хорошо использует последствие навоза, поэтому лучше органические удобрения вносить под предшествующую культуру в дозе не менее 40 т/га.

Полную дозу фосфорных и калийных удобрений вносят до посева (табл. 6.22–6.24). Хорошие результаты обеспечивает 15–30 кг/га д. в. фосфора в рядки при посеве (просо одна из наиболее отзывчивых на этот агроприем культура).

Азотные удобрения на минеральных почвах необходимо вносить под предпосевную культивацию в форме КАС, карбамида или сульфата аммония в дозе 60–90 кг/га д. в. в зависимости от типа почв и планируемой урожайности.

Таблица 6.22. Средние дозы минеральных удобрений под просо на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
		< 30	31–40	41–50	51–60	61–70
Азотные	–	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100
Фосфорные	Менее 100	50–65	65–80	×	×	×
	101–150	40–55	55–70	70–80	×	×
	151–200	30–40	40–55	55–70	70–80	80–90
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70
	301–400	–	15–20	20–25	25–30	30–35
Калийные	Менее 80	60–80	80–100	×	×	×
	81–140	50–70	70–90	90–110	110–130	×
	141–200	40–50	50–70	70–90	90–110	120–140
	201–300	30–40	40–60	60–80	80–100	100–120
	301–400	–	30–35	35–40	40–45	45–50

Таблица 6.23. Средние дозы минеральных удобрений под просо на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
		15–20	21–25	25–30	31–35	36–40
Азотные	–	40–45	45–55	55–65	65–75	75–85
Фосфорные	Менее 100	40–45	45–50	×	×	×
	101–150	35–40	40–45	45–50	×	×
	151–200	25–30	30–35	35–40	40–45	45–50
	201–300	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40
Калийные	Менее 80	60–70	70–80	×	×	×
	81–140	40–50	50–60	60–70	×	×
	141–200	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70

Таблица 6.24. Средние дозы минеральных удобрений под просо на торфяно-болотных почвах

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га		
		30–40	41–50	51–60
Азотные	–	20–25	25–30	30–40
Фосфорные	Менее 200	65–85	85–100	×
	201–400	50–60	60–80	×
	401–600	40–55	55–70	70–80
	601–800	30–40	40–50	50–60
	801–1000	20–25	25–30	30–40
Калийные	Менее 200	90–110	110–130	×
	201–400	75–85	95–110	×
	401–600	65–80	80–95	95–110
	601–800	35–55	55–75	75–90
	801–1000	25–35	35–45	45–55

Примечание. Если обеспеченность почв фосфором и калием обозначена знаком «×», то получение планируемой урожайности нерентабельно.

По данным научных исследований под просо целесообразно использовать комплексное NPK-удобрение 16:12:20 с регулятором роста растений Феномелан (375–500 кг АФК соответствует $N_{60-85}P_{45-65}K_{75-110}$) или карбамида с Гидрогуматом, применение которых обеспечивает прибавку урожайности зерна от 1,6 до 3,8 ц/га по сравнению со смесью простых удобрений.

Институтом почвоведения и агрохимии разработана технологическая схема применения удобрений для проса (табл. 6.25).

Таблица 6.25. Технологическая схема применения минеральных удобрений под просо на планируемую урожайность 40–50 ц/га

Формы удобрений и пестицидов	Дозы удобрений и пестицидов, д. в.	Сроки и способы применения
Кинто Дуо Иншур Перформ	2 л/т 0,4–0,5 л/т	Протравливание семян до посева
Карбамид или КАС, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	$N_{90}P_{40-60}K_{90-100}$	До посева под предпосевную обработку почвы
Сектор турбо, МД Базагран, 480 г/л, в. р. Балерина, СЭ	0,075–0,1 л/га 2–4 л/га 0,3–0,5 л/га	Опрыскивание посевов в фазу 3–4 листьев проса против однолетних двудольных, в т. ч. устойчивых к 2,4-Д и 2М-4Х и некоторых многолетних двудольных сорняков
Сульфат меди, Адоб медь Сульфат марганца, Адоб марганец	$Cu_{25}Mn_{25}$	Некорневая подкормка в фазу кущения, расход рабочего раствора – 200 л/га
Би-58 Новый или его аналоги	0,7–1 л/га	Опрыскивание посевов против комариков и тлей по мере необходимости в период вегетации

При посеве на зерно доза азота на минеральных почвах не должна превышать N_{90} , а на торфяно-болотных – N_{20-40} .

Подкормки проса азотом в стадию метелки рекомендуются только на посевах, предназначенных на зеленую массу, где общая его доза в среднем составляет не менее 120 кг/га д. в.

Внесение микроэлементов может проводиться в виде некорневой подкормки в фазу кущения медью и на известкованных почвах марганцем в дозах 25 г/га (сульфат меди и сульфат марганца, Адоб медь, Адоб марганец, Эколист моно медь, Эколист моно марганец, МикроСтим медь, МикроСтим марганец и др.).

По данным исследований кафедры агрохимии БГСХА, высокоэффективным приемом возделывания проса на зерно является обработка

семян микроэлементами и регуляторами роста. Перед посевом проводится инкрустация семян раствором, содержащим медь и цинк в дозах 150 г/т, а также регулятором роста Эпибрассинолид 20 мг/т. Обработка проводится совместно с протравливанием семян и исключает дополнительное внесение микроэлементов в период вегетации. В качестве микроудобрений могут применяться соли металлов или их хелатные формы (сульфат меди и сульфат цинка или ЭлеГум медь и ЭлеГум цинк, Адоб медь и Адоб цинк, Эколист моно медь, Эколист моно цинк), а в качестве регулятора роста – Эпин.

6.5. Гречиха

В последние годы гречиха в Беларуси возделывается на площади около 20 тыс. га. Выращивать гречиху экономически выгодно даже при уровне урожайности 11 ц/га.

Особенности питания. Гречиха предпочитает хорошо аэрируемые, быстропрогреваемые, чистые от сорняков дерново-подзолистые супесчаные, а также легко- и среднесуглинистые почвы. Она плохо растет на тяжелых, переувлажненных почвах и песках. Гречиха требовательна не только к почве, но и к месту произрастания. В низких местах, где растения могут страдать от избытка влаги, повреждаться заморозками, туманами, зарастать сорняками, гречиху высевать нельзя. Малопригодны для нее и возвышенные места. Ее рекомендуется размещать на участках, защищенных от холодных ветров. Гречиха менее, чем зерновые колосовые, чувствительна к кислотности почвы. Оптимальная величина pH_{KCL} находится в пределах 5,2–6,0.

Несмотря на способность хорошо усваивать из почвы труднодоступные формы фосфора и калия, гречиха, имея слаборазвитую корневую систему, хорошо отзывается на удобрения.

По сравнению с зерновыми хлебами гречиха очень интенсивная культура. Эта крупяная культура потребляет азота в 1,5 раза (37,5 кг/т), фосфора – в 2 раза (19,8 кг/т), калия – в 2 раза (48,2 кг/т) больше, чем зерновые культуры.

У гречихи короткий период потребления питательных веществ, за 30–40 дней (до цветения) после посева гречиха использует более 60 % азота и калия и до 50 % фосфора от использованного количества. Это калиелюбивая культура. Фосфор используется в большей мере во второй половине вегетации. Как и другие культуры, в начале роста гречиха испытывает потребность в фосфоре. К азоту гречиха менее тре-

бовательна, чем к фосфору и калию. Избыток азота задерживает созревание и резко снижает плодообразование. Гречиха – ярко выраженный хлорофоб.

Система удобрения гречихи минеральная, включающая основное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений, припосевное – фосфорных и в подкормку – микроудобрений (борных, марганцевых и цинковых). Оптимальные дозы минеральных удобрений под гречиху представлены в табл. 6.26.

Таблица 6.26. Дозы минеральных удобрений под гречиху

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		10,0–15,0	15,1–20,0	20,1–25,0	25,1–30,0
Азотные	–	35–45	45–55	55–60	65–70
Фосфорные	Менее 100	40–60	60–80	×	×
	101–150	30–40	40–60	60–80	×
	151–200	25–35	35–50	50–70	70–90
	201–300	20–30	30–40	40–50	50–60
	301–400	–	15–20	20–25	25–30
Калийные	Менее 80	60–80	80–100	×	×
	81–140	50–70	70–90	90–110	×
	141–200	40–60	60–80	80–90	90–100
	201–300	20–30	35–45	45–55	55–65
	301–400	–	20–25	25–30	30–40

Дозы азотных удобрений под средне- и позднеспелые сорта, возделываемые после зерновых предшественников, не должны превышать 70 кг/га, после пропашных – 30–45 кг/га. Для скороспелых сортов дозы азота можно увеличить на 15–20 кг/га. Лучшим азотным удобрением является сульфат аммония, так как гречиха предъявляет повышенные требования к питанию серой. Азотные удобрения в основной прием вносятся под предпосевную обработку почвы.

Фосфорные удобрения рекомендуется вносить осенью под вспашку или весной под предпосевную культивацию. Эффективным приемом использования фосфорных удобрений является внесение их в рядки при посеве в дозе 15–20 кг/га д. в.

Так как гречиха относится к хлорофобным культурам, отрицательно реагирующим на хлор, при высоких дозах внесения хлорсодержащих калийных удобрений у гречихи может наблюдаться пятнистость листьев и снижение урожайности зерна.

В республике под гречиху в основном вносятся хлорсодержащие калийные удобрения (хлористый калий), так как выпуск бесхлорных калийных удобрений (сульфата калия) не производится.

Внесение хлорсодержащих калийных удобрений является одним из основных факторов, лимитирующих получение высоких урожаев гречихи. Поэтому хлористый калий под гречиху на дерново-подзолистых легкосуглинистых и связносупесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками, следует вносить с осени. За осенний и весенний период хлор из удобрений практически полностью вымывается.

На легких почвах хлористый калий не рекомендуется вносить с осени, так как потери калия из удобрений составляют 25–33 кг/га. Поэтому на песчаных и рыхлосупесчаных почвах хлористый калий под гречиху вносится весной под ранневесеннюю культивацию.

Для основного внесения можно использовать комплексные хлорсодержащие удобрения для гречихи, производимые Гомельским заводом:

- для почв со средним и повышенным содержанием подвижного фосфора и калия в почвах – марки N:P:K = 16:12:20; 15:11:19; 14:10:17. Они содержат: N – 14–16 %, P₂O₅ – 10–12 %, K₂O – 17–20 %, MgO – до 4 %, B – 0,17–0,18 %, Zn – до 0,2 %, Cu – до 0,2 %, Fe – 0,02 % и регуляторы роста растений (Феномелан, Эпин или Гидрогумат);

- для почв с низким содержанием подвижных соединений фосфора и калия в почвах – марки N:P:K = 8:20:30; 9:18:28; 10:19:25.

Кроме того, для внесения под предпосевную культивацию можно использовать бесхлорные комплексные удобрения, которые выпускает Гринтур;

- для почв с повышенным содержанием подвижных соединений фосфора и средним и повышенным содержанием калия в почвах – марки N:P:K = 13:7–9:15–17;

- для почв с низким содержанием подвижных соединений фосфора и средним и повышенным содержанием подвижного калия в почвах – марки N:P:K = 8:19:16; 10:16:17.

В составе всех перечисленных удобрений входят микроэлементы и регуляторы роста растений, указанные в марке N:P:K = 16:12:20.

Дозы комплексных удобрений под гречиху на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах представлены в табл. 6.27.

На почвах I и II групп обеспеченности почв бором, марганцем и цинком гречиха нуждается в борных, марганцевых и цинковых удоб-

рениях. Микроудобрения вносятся в некорневую подкормку до начала фазы бутонизации в дозе: В – 50 г/га (250 г/га борной кислоты), Мп – 50 г/га (200 г/га сульфата марганца) и Zn – 50 г/га (200 г/га сульфата цинка). В качестве микроудобрений можно использовать органо-минеральные и хелатные формы Эколист, Адоб, МикроСтим и др.

Таблица 6.27. Дозы комплексных удобрений под гречиху, кг ф. в./га

Комплексные удобрения	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га			
		10,0–15,0	15,1–20,0	20,1–25,0	25,1–30,0
		Дозы удобрений, кг/га			
		35–45*	45–55*	55–60*	65–70*
N ₁₆ P ₁₂ K ₂₀ с модифицирующими добавками	P ₂ O ₅ от 150 до 250 K ₂ O от 141 до 300	220–280	280–345	345–375	410–440
N ₁₅ P ₁₁ K ₁₉ с модифицирующими добавками	P ₂ O ₅ от 150 до 250 K ₂ O от 141 до 300	230–300	300–370	370–400	430–470
N ₁₄ P ₁₀ K ₁₇ с модифицирующими добавками	P ₂ O ₅ от 150 до 250 K ₂ O от 141 до 300	250–320	320–395	395–430	460–500
N ₁₃ P ₇₋₉ K ₁₅₋₁₇ с модифицирующими добавками	P ₂ O ₅ от 150 до 250 K ₂ O от 141 до 300	270–350	350–420	420–460	500–540

*Доза действующего вещества азота в комплексном удобрении, по которой рассчитывается физический вес удобрения на 1 га.

6.6. Лен-долгунец

Лен-долгунец – культура высокочувствительная к пищевому режиму. Высокая требовательность к плодородию почвы объясняется слаборазвитой корневой системой с невысокой усвояющей способностью и коротким вегетационным периодом. Лен плохо использует питательные элементы из труднодоступных соединений почвы.

С 1 т основной продукции с учетом побочной лен выносит 58,1 кг N, 22,9 кг P₂O₅, 73,0 кг K₂O, 15,0 кг CaO, 7,8 кг MgO и 16,0 кг SO₄.

Критические периоды в питании растений: по азоту – от фазы «елочка» до бутонизации, фосфору – от всходов до образования 10–12 листьев (до фазы «елочки») и по калию – в первые три недели роста (фаза «елочки»), а также в фазе бутонизации, когда калий необходим растениям для образования семян и волокна.

При недостатке азота рост льна задерживается, образуются короткие и тонкие однокоробчатые растения, не обеспечивается высокий урожай. В то же время избыток азота усиливает образование листьев,

при этом стебель затеняется, быстро вытягивается и полегает, так как механические ткани не успевают окрепнуть. Образуется рыхлое непрочное волокно, задерживается созревание семян.

Фосфорное голодание приводит к приостановлению роста стебля, уменьшению его технической длины, снижению урожая семян и прочности волокна.

При недостаточном калийном питании в первые три недели после всходов ослабевает образование волокна, а после бутонизации – ухудшается качество и снижается урожай волокна.

К фазе «елочка», когда рост незначителен, растения льна усваивают 16–36 % азота, 6–15 % фосфора и 11–12 % калия от общего потребления этих элементов. К моменту цветения лен усваивает 60–84 % азота, 63–80 % фосфора и 71–90 % калия от общего потребления в зависимости от сортовых особенностей. Максимальное количество элементов питания лен получает в период быстрого роста от конца фазы «елочка» до цветения.

Лен – типичный хлорофоб. Хлор снижает урожай и ухудшает его качество.

При определении доз удобрений под лен возникает ряд специфических трудностей, обусловленных биологическими особенностями этой культуры (невысокая усваивающая способность корневой системы, короткий период их потребления, повышенная чувствительность к концентрации почвенного раствора и недостатку влаги). Лен больше, чем другие культуры, требует соблюдения доз и правильного соотношения элементов питания, равномерного распределения удобрений по полю.

На почвах, хорошо обеспеченных азотом (содержание гумуса 2 % и более), соотношение между азотом, фосфором и калием должно составлять 1:3:4, а бедных (меньше 1,5 % гумуса) – 1:2:2. Система для льна-долгунца рекомендуется трехчленная: основное (допосевное) внесение удобрений, припосевное в рядки при посеве и подкормка микроэлементами.

Наиболее пригодными почвами для возделывания льна являются дерново-подзолистые автоморфные (нормального увлажнения) и временно избыточно увлажненные средне- и легкосуглинистые, связносупесчаные, подстилаемые моренными суглинками и песками, а также рыхлосупесчаные, подстилаемые моренными суглинками ближе 1 м.

Не следует размещать посевы льна на полях мелкоконтурных, крутосклонных и завалуненных.

При подборе почв для посева льна определяющим фактором является показатель кислотности почвы. Для льна оптимальное значение $pH_{(KCL)}$ находится в узком интервале 5,0–5,6 единиц. При посеве на

почвах с $pH_{(KCL)}$ более 6,0 единиц лен поражается кальциевым хлорозом, в силу чего резко снижаются урожайность и качество волокна.

При уровне pH 5,7–5,8 избыток кальция можно нейтрализовать дополнительным внесением калийных удобрений.

На урожайность льна отрицательно действует также повышенное содержание в почве алюминия. Избыток подвижного алюминия (более 2 мг/кг почвы) вызывает токсикоз, стеблестой изреживается, урожайность снижается. Лен чувствителен к недостатку бора и цинка и особенно на известкованных почвах.

Важнейший фактор, обеспечивающий высокую урожайность и качество льноволокна, – сбалансированное питание растений (макро- и микроэлементами).

Рекомендуемые дозы минеральных удобрений под лен-долгунец приведены в табл. 6.28.

Таблица 6.28. Дозы минеральных удобрений под лен на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P_2O_5 и K_2O , мг/кг почвы	Планируемая урожайность (волокно), ц/га				
		7–9	9–11	11–13	13–15	15–20
Азотные	–	25–30	30–35	30–35	30–35	30–35
Фосфорные	Менее 100	–	–	–	–	–
	101–150	80–90	–	–	–	–
	151–200	70–80	80–90	–	–	–
	201–300	50–60	60–70	80–90	90–100	100–110
	301–400	15–20	15–20	20–30	40–50	50–60
Калийные	Менее 80	–	–	–	–	–
	81–140	110–120	–	–	–	–
	141–200	90–110	110–130	–	–	–
	201–300	70–90	90–110	110–130	140–160	160–180
	301–400	30–40	40–50	40–50	60–70	70–80

Максимально допустимой дозой азота при размещении посевов льна после небобовых предшественников является 35 кг/га д. в. Если лен возделывается после зернобобовых и пропашных, по обороту клеверного пласта (зерновые), то дозы азотных удобрений необходимо уменьшить на 10–15 кг/га д. в. Более высокие их дозы приводят к полеганию стеблестоя, усиливают заболеваемость растений, снижают урожай и качество льнопродукции.

В настоящее время разработаны марки комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений, содержащие необходимые макро- и микроэлементы (бор, цинк, железо и при необходимости регуляторы роста растений), в том числе марка NPK – 6:21:32 с B, Zn, Fe – предназначена для почв с низким содержанием фосфора; NPK – 5:16:35 с B,

Zn, Fe – для почв со средним и повышенным содержанием фосфора и низким содержанием калия; NPK – 7:15:29 с B, Zn, Fe – для почв с высоким содержанием фосфора и калия. Удобрения рекомендуются для внесения в основную заправку почвы.

В рядки при посеве применяют 15–20 кг/га д. в. P₂O₅. Можно использовать комплексные удобрения аммофос и аммонизированный суперфосфат.

Дозы комплексных удобрений на дерново-подзолистых почвах под лен-долгунец рассчитываются по азоту в зависимости от уровня планируемой урожайности и содержания в почве подвижных соединений фосфора и калия (табл. 6.29).

Таблица 6.29. Дозы комплексных удобрений под лен-долгунец на дерново-подзолистых суглинистых и песчаных почвах, подстилаемых мореной

Комплексные удобрения	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемый урожай (волокно), ц/га			
		7–9	10–12	13–15	>16
Дозы удобрений, кг/га					
N ₆ P ₂₁ K ₃₂ с 0,22 % (B), 0,30 % (Zn) и 0,2 % (Fe)	P ₂ O ₅ 101–250	250*	330	400	500
	K ₂ O 200–400	N ₁₅ P ₅₃ K ₈₀	N ₂₀ P ₇₀ K ₁₀₅	N ₂₄ P ₈₄ K ₁₂₈	N ₃₀ P ₁₀₅ K ₁₆₀
N ₅ P ₁₆ K ₃₅ с 0,17 % (B), 0,26 % (Zn) и 0,2 % (Fe)	P ₂ O ₅ 250–400	300*	400	500	600
	K ₂ O 140–200	N ₁₅ P ₄₈ K ₁₀₅ **	N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀	N ₂₅ P ₈₀ K ₁₇₅	N ₃₀ P ₉₆ K ₂₁₀

*Физический вес удобрения на 1 га; **доза внесения на 1 га действующего вещества.

При отсутствии в хозяйствах комплексных форм удобрений для льна рекомендуется применение стандартных форм удобрений (азотных, фосфорных, калийных).

Технологические схемы применения удобрений под лен приводятся в табл. 6.30.

Таблица 6.30. Технологическая схема применения макро- и микроудобрений при выращивании льна-долгунца (урожайность льноволокна 10–12 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
1	2	3
pH 5,5–5,6		
N _{20–30} P _{60–90} K _{90–120}	Комплексное удобрение марки 5:16:35 или 6:21:32 или аммофос и хлористый калий	До посева
V _{30–75} Zn _{46–92}	Адоб бор, Адоб цинк или МикроСтим бор, МикроСтим цинк	Некорневая подкормка в фазу всходы – начало фазы «елочка» (до высоты растений 4–5 см) в баковой смеси с инсектицидом против льняной блошки. Расход рабочего раствора – 200 л/га

1	2	3
pH 5,7–5,9		
$N_{20-30}P_{60-90}K_{150-180}$	Комплексное удобрение марки 5:16:35 или 6:21:32 или аммофос и хлористый калий	До посева
$B_{30-75}Zn_{46-92}$	Адоб бор, Адоб цинк или МикроСтим бор, МикроСтим цинк	Некорневая подкормка в фазу всходы – начало фазы «елочка» (до высоты растений 4–5 см) в баковой смеси с инсектицидом против льняной блошки. Расход рабочего раствора – 200 л/га
pH 6,0–6,2		
$N_{20-30}P_{60-90}K_{180-210}$	Комплексное удобрение марки 5:16:35 или 6:21:32 или аммофос и хлористый калий	До посева
$B_{30-75}Zn_{46-92}$	Адоб бор и Адоб цинк или МикроСтим бор, МикроСтим цинк	Некорневые подкормки: 1-я – в фазу всходы – начало фазы «елочка» (до высоты растений 4–5 см) в баковой смеси с инсектицидом против льняной блошки; 2-я – через 7–10 дней после первой. Расход рабочего раствора – 200 л/га

В зависимости от степени кислотности почв рекомендуются три варианта системы удобрения льна-долгунца, которые обеспечивают максимальное снижение поражаемости растений кальциевым хлорозом (табл. 6.30).

Для внесения твердых комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений под лен применяют штанговые машины РШУ-12, СУ-12, МТТ-4Ш или центробежные машины РДУ-1,5, РУ-2000, Alfa, Rauch.

Из **микрорезлементов** для льна наиболее важны бор и цинк. Лучшим способом их применения являются некорневые подкормки в фазу «елочки» – 150 г/га д. в. бора и 250 г/га д. в. цинка (можно совмещать с химической прополкой посевов).

6.7. Сахарная свекла

Сахарная свекла – культура, требовательная к почвенным условиям. Лучшими для ее возделывания являются дерново-карбонатные, дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые моренными суглинками. Наиболее благоприятная реакция почвенного раствора для сахарной свеклы – PH_{KCL} 6,5–7,5, содержание гумуса – не

менее 1,8 %, подвижного фосфора и калия – не менее 150 мг/кг, бора – не менее 0,7 мг/кг.

Сахарная свекла в процессе вегетации выносит большое количество элементов питания. С 1 т корнеплодов и соответствующим количеством ботвы сахарная свекла выносит в среднем 4,0 кг N, 1,6 кг P₂O₅ и 6,5 кг K₂O. Вынос элементов питания этой культурой в значительной мере зависит от вносимых удобрений, плодородия почвы и условий погоды.

Сахарная свекла хорошо реагирует на известкование. Известкование проводится пылевидной доломитовой мукой или отходом сахарного производства – дефекатом. Длительное известкование доломитовой мукой привело к тому, что содержание магния в почвах свеклосеющих хозяйств республики стало выше оптимального уровня (150 мг/га MgO). На этом фоне проявляется высокая эффективность известкования дефекатом. С гектарной нормой дефеката 8 т/га (эквивалентной 5 т/га доломитовой муки) наряду с кальцием в почву вносится 95 кг/га азота, фосфора, калия и значительное количество микроэлементов: цинка, меди, марганца, бора, кобальта. Эффективность известкования проявляется и в последствии на других культурах. Вносить дефекат необходимо разбрасывателями удобрений с центробежными рабочими органами: МВУ-5А, МВУ-8, МХА-7 и др. Известкование следует проводить под предшественник или непосредственно под сахарную свеклу. Затраты на известкование дефекатом примерно в два раза меньше, чем доломитовой мукой.

В развитии сахарной свеклы имеются три периода: первый – развитие листьев, второй – рост корнеплодов и третий – накопление сахара.

В первоначальный период развития свеклы, когда ее корневая система развита слабо, необходимо в почве наличие доступных питательных веществ в непосредственной близости к прорастающему семени. Недостаток элементов питания в этот период отрицательно сказывается в дальнейшем развитии корнеплода и накопления в нем сахара. В период образования листьев большое значение имеет повышение в питательной среде удельного веса азота. Чем полнее свекла обеспечена в этот период азотным питанием, тем выше урожайность и сахаристость корнеплодов.

В период роста корнеплодов и накопления сахара снижение удельного веса азота оказывает положительное влияние на урожайность и качество сахарной свеклы. Действие фосфора и калия зависит от обеспеченности свеклы азотом.

Большое значение в правильной системе питания сахарной свеклы имеет оптимальное соотношение между отдельными элементами пи-

тания в разные периоды роста. Это соотношение обеспечивается системой удобрений, внесением органических и минеральных удобрений и сочетанием основного внесения удобрений, припосевного и подкормок.

Навоз (40–80 т/га) лучше вносить под предшественники сахарной свеклы – озимые, а под свеклу в этом случае применять только минеральные удобрения. Навоз можно вносить и непосредственно под свеклу – осенью под вспашку. Если подстилочный или жидкий навоз вносится после известкования, то необходимо сначала заделать известь. Внесение навоза на неприкрытую доломитовую муку или дефекаат приводит к потерям азота.

В начале роста сахарная свекла поглощает относительно небольшое количество азота, фосфора и калия, однако в этот период она очень чувствительна к недостатку фосфора. Внесение 10–20 кг/га P_2O_5 в рядки при посеве создает благоприятный пищевой режим в первые 15–20 дней после всходов. Эффективно в припосевное удобрение вносить по 10 кг NPK в форме комплексных удобрений. В период интенсивного роста листьев свекла потребляет много азота и калия. Для формирования корнеплодов растениям требуется умеренное азотное и усиленное фосфорное и калийное питание. Максимальное поступление элементов питания в растения свеклы отмечается в июле–августе. К концу вегетации сахарной свеклы 43 % азота, 18 % фосфора и 38 % калия теряется в результате отмирания, опадения листьев и оттока элементов питания в почву.

Сахарная свекла отзывчива на органические удобрения. Она имеет продолжительный период вегетации и хорошо использует из них питательные вещества.

Важным условием эффективного использования минеральных удобрений является дифференцированное их внесение с учетом планируемого урожая и уровня почвенного плодородия (табл. 6.31, прил. 60).

Наиболее эффективные из минеральных удобрений – азотные. Каждый килограмм азота способствует увеличению урожая корнеплодов на 50–60 кг. Однако с целью улучшения качества корнеплодов максимальные дозы азотных удобрений не должны превышать 130–140 кг/га. Избыточное азотное питание приводит к накоплению альфа-аминового азота в корнеплодах и снижению чистоты клеточного сока, что в результате уменьшает выход сахара. Повышенные дозы азотных удобрений рекомендуется вносить дробно – 90–100 кг/га в основное внесение и 30–40 кг/га в подкормку. Лучшее время подкормки азотом – первая пара настоящих листьев, но не позднее четырех пар листьев. Подкормку азотом завершают до середины июня.

Таблица 6.31. Дозы минеральных удобрений* под сахарную свеклу на дерново-подзолистых суглинистых и песчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.**	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемый урожай (корнеплоды), ц/га			
		400–450	451–500	501–550	551–600
Азотные	–	110–120	120–130	130–140	140–150
Фосфорные	Менее 100	110–120	×	×	×
	101–150	100–110	110–120	×	×
	151–200	80–90	90–100	100–110	110–120
	201–300	50–55	55–60	60–70	70–80
	301–400	20–25	25–30	30–35	35–40
Калийные	Менее 80	120–140	×	×	×
	81–140	110–130	130–150	×	×
	141–200	90–100	100–120	120–140	140–150
	201–300	80–90	90–100	100–110	110–120
	301–400	35–40	40–45	45–50	50–60

*На фоне внесения 60 т/га органических удобрений; **при данной обеспеченности подвижными формами фосфора, калия получение планируемой урожайности экономически нецелесообразно.

Фосфорные и калийные удобрения вносят под предпосевную культивацию; на связных почвах возможно осеннее внесение фосфора и калия. В основное внесение применяют все имеющиеся в республике формы азотных и фосфорных удобрений. При дозах выше N₁₀₀ КАС, сульфат аммония вносят за 7–10 дней до посева. В качестве калийных удобрений эффективно использовать 40%-ную калийную соль, которая наряду с калием содержит 20 % натрия, внесение которого увеличивает урожай корнеплодов и улучшает их качество.

В почве свеклосеющих районов Беларуси низкое содержание серы. Как серосодержащие удобрения, следует использовать сульфат аммония (3–4 ц/га), фосфогипс (2 т/га) и комплексное серосодержащее удобрение.

Сахарная свекла относится к культурам, чувствительным к недостатку бора. При недостатке бора развивается гниль сердечка, снижаются сахаристость и урожай. Лучшим способом внесения микроудобрений является некорневая подкормка бором (200 г/га) и марганцем (50 г/га д. в.). При этом во время вегетации сахарной свеклы проводятся две некорневые обработки микроэлементами: первая – в фазу смыкания листьев в рядке, вторая – через 1–1,5 мес после первой.

В почве бор связывается с органическим веществом и коэффициент его использования растениями измеряется в десятых и сотых долях процента. С урожаем сахарной свеклы 500 ц/га выносятся 400 г/га бора. Две некорневые подкормки бором в фазу 10–12-го листа и

повторно через 30–45 дней полностью удовлетворяют потребность в боре этой культуры.

Наряду с борной кислотой можно использовать борные удобрения, содержащие бор в органической форме, как производимые в Беларуси (МикроСтим бор, МикроСил бор), в которых дополнительно содержатся регуляторы роста – Гидрогумат и Экосил, так и в Польше (Адоб бор, Эколист моно бор, Солубор).

Опытной научной станцией по сахарной свекле разработаны составы удобрительные для некорневых подкормок «Свекла», которые состоят из борной кислоты, мочевины, сернокислых солей марганца, меди, цинка, кобальта, молибденовокислого аммония. Эти составы зарегистрированы и запатентованы и показали высокую эффективность. Первую некорневую подкормку этими составами рекомендуется проводить от смыкания растений в рядках до смыкания в междурядьях, вторую – в конце июля – начале августа, в засуху необходима третья некорневая подкормка.

Разработаны комплексные удобрения для сахарной свеклы, сбалансированные по элементному составу с учетом плодородия почв и биологических особенностей культуры.

Дозы комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений под сахарную свеклу рассчитываются по азоту, возможно и по фосфору (в комплексном удобрении), в зависимости от планируемого урожая и содержания подвижных форм фосфора и калия в почве (табл. 6.32, прил. 60).

Таблица 6.32. Дозы комплексных удобрений, рекомендуемые Институтом почвоведения и агрохимии, под сахарную свеклу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками

Комплексные удобрения	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемый урожай (корнеплоды), ц/га			
		300–400	401–450	451–500	501–600
		Дозы удобрений, кг/га			
		90–110**	110–120**	120–130**	130–150**
N ₁₆ P ₁₂ K ₂₀ с В и Mn	P ₂ O ₅ < 200 K ₂ O < 200	560–690*	690–750	750–810	810–940
N ₁₃ P ₁₂ K ₁₉ с В, S и Na	P ₂ O < 200 K ₂ O < 200	690–850	850–920	920–1000	1000–1150
N ₁₄ P ₈ K ₁₈ с В и Mn	P ₂ O ₅ 201–400 K ₂ O 201–400	640–790	790–860	860–930	930–1070
N ₁₇ P ₉ K ₂₂ с В и Mn	P ₂ O ₅ 201–400 K ₂ O 201–400	530–650	650–700	700–770	770–880

*Физический вес удобрения на 1 га; **доза действующего вещества азота в комплексном удобрении, по которой рассчитывается физический вес удобрения на 1 га.

Технологическая схема применения удобрений, разработанная РУП «Институт почвоведения и агрохимии», при возделывании сахарной свеклы приводится в табл. 6.33.

Таблица 6.33. Технологическая схема применения удобрений при возделывании сахарной свеклы (урожайность 500–600 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
Навоз 60–70 т/га	–	Осенью под вспашку
$N_{100-120}P_{60-90}K_{150-180}$	Комплексное удобрение марки 16:12:20 или КАС, мочевины, аммофос, хлористый калий	До посева
N_{30}	Мочевина	В фазу 2–4 листьев
$V_{100-300}Mn_{50}$	Борная кислота (Солюбор ДФ) и сульфат марганца, или ЭлеГум бор и ЭлеГум марганец, или Адоб бор и Адоб марганец	Некорневые подкормки: 1-я – в фазу 10–12 листьев с добавлением мочевины до 10 кг на 200 л рабочего раствора; 2-я – через 1–1,5 мес после 1-й

6.8. Кормовая свекла

Кормовая свекла дает хорошие урожаи на богатых органическим веществом дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах с глубоким пахотным горизонтом, отличающихся повышенным плодородием, а также на почвах с близкой к нейтральной реакцией почвенной среды (pH_{KCL} 6,2–7,2) и очень отзывчива на известкование.

Кормовая свекла обладает слаборазвитой корневой системой, в то же время при высокой урожайности она потребляет большое количество питательных веществ. Вынос с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции составляет 3,5 кг N, 1,1 кг P_2O_5 и 7,9 кг K_2O . Кормовая свекла с урожаем корнеплодов 800 ц/га выносит из почвы 280 кг N, 88 кг P_2O_5 и 632 кг K_2O .

В течение вегетации кормовая свекла потребляет элементы питания неодинаково. Усиленное азотное питание необходимо при формировании надземной массы. Фосфор равномерно поглощается в течение вегетации. Калий активней поглощается во второй половине вегетации. Например, кормовая свекла за май – июнь потребляет 23 % азота от общего потребления и по 15–16 % фосфора и калия, в июле – августе – 67–68 % азота и калия и 62 % фосфора, а в сентябре – азота только 10 %, фосфора 23 и калия 16 %.

Кормовая свекла хорошо отзывается на совместное применение органических и минеральных удобрений. Окупаемость 1 т навоза кормовой свеклой составляет 200 кг и 1 кг NPK – 65 кг корнеплодов.

Также она хорошо отзывается на внесение комплексных удобрений в рядки при посеве в дозе по 10–12 кг NPK.

Под кормовую свеклу можно вносить любые формы азотных и фосфоросодержащих удобрений, которые используются в настоящее время в Беларуси.

Система удобрения под кормовую свеклу органоминеральная. Органические удобрения под нее вносятся в дозе 80–90 т/га. Лучший срок их внесения – осенью под вспашку.

Минеральные удобрения вносятся в дозах, рассчитанных в зависимости от содержания элементов питания в почвах и уровня планируемой урожайности (табл. 6.34, прил. 60, 61).

Фосфорные и калийные удобрения можно вносить как осенью под вспашку, так и весной под предпосевную культивацию. Лучшей формой калийных удобрений для кормовой свеклы, так же как и для сахарной, является калийная соль, которая содержит натрий. На песчаных и рыхлосупесчаных почвах калийные удобрения вносятся под предпосевную культивацию.

Таблица 6.34. Дозы минеральных удобрений* под кормовую свеклу на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (корнеплоды), ц/га			
		200–300	301–500	501–700	701–900
Азотные	–	40–60	60–100	100–140	140–180
Фосфорные	Менее 100	50–70	70–110	×	×
	101–150	30–50	50–80	×	×
	151–200	20–40	40–70	70–100	×
	201–300	10–30	30–50	50–70	70–80
	301–400	–	10–20	20–30	30–40
Калийные	Менее 80	60–100	100–180	×	×
	81–140	40–80	80–150	×	×
	141–200	30–60	60–100	110–160	×
	201–300	20–40	40–60	60–80	80–110
	301–400	–	20–30	30–40	40–60

*На фоне внесения 80–90 т/га органических удобрений.

Азотные удобрения под кормовую свеклу в дозах более 120 кг/га д. в. применяются в два приема: 100–120 кг/га – под предпосевную

культивацию и 40–60 кг/га – в подкормку в фазу 2–4 настоящих листьев, но не позднее 8 листьев. Максимальная доза азотных удобрений не должна превышать 180 кг/га д. в., так как более высокие дозы приводят к избыточному накоплению нитратов (выше ПДК – 800 мг/кг сырой массы) в корнеплодах.

На посевах кормовой свеклы при низком и среднем содержании бора и марганца в почве проводятся некорневые подкормки борными и марганцевыми удобрениями в фазу 10–12 листьев (смыкание ботвы в междурядьях) в дозах: В – 100–300 г/га, Мп – 50 г/га (табл. 6.34). Максимальную дозу бора (300 г/га) необходимо вносить на почвах 1-й группы обеспеченности бором и при засушливых условиях вегетационного периода. Наряду с борной кислотой и сернокислым марганцем можно применять Адоб бор (0,7–2,0 л/га), Эколист моно бор (0,7–2,0 л/га), МикроСтим бор, Адоб марганец (0,3 л/га), Эколист моно марганец (0,3 л/га), МикроСтим марганец. Рекомендуется добавлять до 10 кг карбамида на 200 л рабочего раствора.

6.9. Кукуруза

Кукуруза лучше других зерновых культур использует солнечную энергию, благодаря чему обладает большим потенциалом продуктивности и поэтому предъявляет высокие требования к плодородию почвы и применению удобрений. Она хорошо растет на дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых почвах, супесчаных и песчаных, подстилаемых моренным суглинком почвах, с высоким содержанием гумуса. Малопригодными для кукурузы являются тяжелосуглинистые, а также песчаные почвы, подстилаемые песками. Непригодны для нее заболоченные почвы с близким стоянием грунтовых вод, с повышенным содержанием солей и кислые почвы с pH_{KCL} выше 5,5. Плодородие почвы в большей мере гарантирует получение высоких урожаев, особенно зерна.

Кукуруза имеет мощную корневую систему, способную извлекать элементы питания из большого объема почвы. С 1 т зеленой массы она выносит 3,3 кг N, 1,2 кг P_2O_5 и 4,2 кг K_2O , а с 1 т зерна и соответствующим количеством побочной продукции 30,2 кг N, 13,3 кг P_2O_5 и 27,6 кг K_2O .

Кукуруза не переносит кислых почв и без известкования даже при внесении органических и минеральных удобрений нельзя рассчитывать на хорошие урожаи этой культуры. Почву под посев кукурузы желательно произвестковать под предшествующую культуру.

Она полнее, чем другие зерновые культуры, использует питательные вещества почвы и удобрений, так как имеет более продолжительный вегетационный период.

Кукуруза – теплолюбивая культура, что в основном определяет требования к условиям произрастания. При недостатке тепла весной она очень медленно развивается в первый месяц после появления всходов. Пониженные температуры в этот период способствуют проявлению относительного голодания растений, так как кукуруза активно потребляет питательные вещества при температуре почвы на глубине 10 см более 10 °С. В это время она весьма требовательна к наличию в почве легкодоступных питательных элементов.

Питательные вещества кукуруза потребляет на протяжении всего периода вегетации, вплоть до наступления восковой спелости зерна. Однако наиболее интенсивное их поглощение наблюдается в период быстрого роста за сравнительно короткий промежуток времени – выметывание метелок – цветение. К фазе цветения кукуруза усваивает до 60 % азота, фосфора и до 80 % калия от общего выноса урожаем. Поглощение азота продолжается почти до созревания.

Азот особенно необходим кукурузе при появлении 6–7-го листа, когда закладываются метелки и початки. Максимальное поглощение азота приходится на период за две-три недели до выбрасывания метелок.

Поглощение фосфора продолжается более длительное время. Кукуруза усваивает его равномерно вплоть до созревания. Фосфор требуется кукурузе после появления всходов для лучшего развития корней, а также в фазы цветения и образования зерна. Недостаток фосфора в почве задерживает рост и развитие цветков и зерен в початке. Фосфорные удобрения, внесенные в припосевное и основное удобрение, способствуют мощному развитию корневой системы, более раннему образованию початков и созреванию.

Калий необходим на протяжении всей вегетации кукурузы, недостаток его в почве способствует полеганию этой культуры, особенно в увлажненные годы. Однако калий наиболее интенсивно поглощается в первый период вегетации.

Кукуруза потребляет много серы, кальция и магния. Магний и цинк повышает урожай зерна и устойчивость кукурузы к холоду. Недостаток серы сдерживает образование белка, а меди и бора – сахаров, витамина С. При оптимальном борном питании увеличивается озерность початка.

Кукуруза плохо усваивает питательные вещества из труднорастворимых соединений и выдерживает повышенную концентрацию солей в почве, а также высокие дозы минеральных удобрений в прикорневой зоне.

При возделывании кукурузы в севообороте лучшей системой удобрения является органоминеральная, включающая основное внесение минеральных и органических удобрений, припосевное – фосфора и подкормку азотом и микроэлементами. Доза подстилочного навоза и компостов под кукурузу составляет 60–80 т/га. Лучшим сроком применения является внесение его осенью под вспашку. Под кукурузу можно вносить жидкий бесподстилочный навоз в дозах, соответствующих содержанию в нем азота до 200 кг/га. Более высокие дозы могут приводить к накоплению нитратов в растениях и загрязнению грунтовых вод.

Оптимальные дозы минеральных удобрений определяются в зависимости от содержания фосфора и калия в почве и уровня планируемой урожайности (табл. 6.35, 6.36, прил. 60).

Таблица 6.35. Дозы минеральных удобрений* под кукурузу на силос на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность, ц/га				
		350–400	401–450	451–500	501–550	551–600
Азотные	–	90–100	100–110	110–120	120–130	130–150
Фосфорные	Менее 100	90–100	×	×	×	×
	101–150	70–80	80–90	×	×	×
	151–200	55–60	60–70	70–80	80–90	90–100
	201–300	35–40	40–45	45–50	50–60	60–70
	301–400	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45
Калийные	Менее 80	120–140	×	×	×	×
	81–140	100–110	110–120	×	×	×
	141–200	90–100	100–110	110–120	120–130	130–140
	201–300	70–80	80–90	90–100	100–110	110–120
	301–400	35–40	40–45	45–50	50–55	55–60

*На фоне внесения 60–80 т/га органических удобрений.

Фосфорные и калийные удобрения на суглинистых почвах можно вносить осенью под вспашку, на супесчаных – весной под предпосевную культивацию. Обязательным условием (при наличии в хозяйстве соответствующей техники) должно быть внесение 10–15 кг/га P₂O₅ в рядки при посеве в форме суперфосфата или аммофоса.

Расчетную дозу азота до 120 кг/га вносят в один прием под предпосевную культивацию. При использовании более высоких доз азота не-

обходимо часть азота (30 кг/га) внести в подкормку в фазу 4–6 листьев. Для подкормки лучше использовать карбамид или КАС. Подкормку кукурузы КАС необходимо проводить опрыскивателями, оснащенными волоочильными шлангами, чтобы избежать ожогов растений.

Система удобрения кукурузы в севообороте несколько отличается от системы удобрения ее при повторном посеве. Так, при повторном посеве органические удобрения вносятся через год, а минеральные – ежегодно. Дозы фосфора и калия рассчитываются с учетом планируемой урожайности и содержания их подвижных соединений в почве.

На посевах кукурузы при низком и среднем содержании цинка и меди в почве рекомендуется проводить некорневые подкормки цинковыми и медными удобрениями в фазу 6–8 листьев в дозе 150 г/га и 50 г/га соответственно. Наряду с сернокислым цинком можно использовать Эколист моно цинк в дозе 1,3 л/га или Адоб цинк в дозе 2 л/га в баковой смеси с 10 кг мочевины на 200 л/га рабочего раствора. Адоб медь для подкормки кукурузы используется в дозе 0,8 л/га, Эколист моно медь – 0,6 л/га, а также МикроСтим цинк и МикроСтим бор и др.

Таблица 6.36. Технологическая схема применения удобрений при возделывании кукурузы (урожайность зерна 100–110 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
Севооборот		
Навоз 60–70 т/га	–	Осенью под вспашку
$N_{90}P_{60-80}K_{120-150}$	КАС или мочевины, аммофос, хлористый калий	До посева
N_{30}	Мочевина	В фазу 4–6 листьев
Zn_{150}	МикроСтим цинк, Адоб цинк или сульфат цинка	Некорневые подкормки в фазу 6–8 листьев в баковой смеси с мочевиной – 10 кг на 200 л рабочего раствора
Монокультура		
1-й год – навоз 80 т/га	–	Осенью под вспашку
$N_{70-80}P_{60}K_{120}$	КАС или мочевины, аммофос, хлористый калий	До посева
N_{30}	Мочевина	В фазу 4–6 листьев
2-й год – $N_{90}P_{80}K_{150}$	КАС или мочевины, аммофос, хлористый калий	До посева
N_{30}	Мочевина	В фазе 4–6 листьев
Zn_{150}	МикроСтим цинк, Адоб цинк или сульфат цинка	Некорневые подкормки в фазу 6–8 листьев в баковой смеси с мочевиной – 10 кг на 200 л рабочего раствора

Следует отметить, что системы удобрения кукурузы на зерно и на силос существенно не отличаются. Однако неперенным условием системы удобрения кукурузы на зерно является обязательное применение фосфорных удобрений в оптимальных дозах.

6.10. Картофель

Картофель в Беларуси является ценной продовольственной, кормовой и технической культурой. Он может давать хорошие урожаи на разных по генезису и гранулометрическому составу почвах. Наиболее благоприятны для возделывания картофеля дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые моренным суглинком.

С урожаем картофеля на каждую тонну клубней выносятся в среднем 5,4 кг N, 1,6–2,0 кг P₂O₅ и 9,5–10,7 кг K₂O. Установлено, что в растениях картофеля содержится больше всего калия, меньше азота и еще меньше фосфора. Такое соотношение основных элементов питания наблюдается, как правило, во всех почвенно-климатических условиях и на всех сортах картофеля независимо от агротехнических условий его выращивания. Картофель – высокопродуктивное растение и выносит с урожаем больше питательных элементов, чем зерновые, лен, многолетние травы, но меньше, чем сахарная и кормовая свекла.

Наибольшая потребность картофеля в питании отмечается в фазах бутонизация – цветение. Среднепоздние сорта в этот период усваивают около 40–50 % азота, 50 % фосфора и 60 % калия от максимального потребления. Это происходит на протяжении месяца (июль в наших условиях). К уборке в клубнях сосредотачивается 78–80 % азота, 90 % фосфора и 96 % калия от содержания его в урожае.

Картофель является культурой, весьма требовательной к почвенным условиям, что определяется его физиологическими особенностями: слаборазвитой корневой системой и ее высокой потребностью в кислороде в период интенсивного клубнеобразования. Система удобрения картофеля должна обеспечивать не только высокую урожайность, но и хорошее качество клубней, сбалансированных по химическому составу, с низким содержанием нитратов.

Для картофеля наиболее подходят структурированные, плодородные, водопроницаемые, легкого или среднего гранулометрического состава (с содержанием физической глины от 10 до 40 %), достаточно прогреваемые почвы. Оптимальный уровень плотности среднесуглинистых почв – 1,0–1,2 г/см³, супесчаных – 1,3–1,4 г/см³. При плотности среднесуглинистой почвы 1,4 г/см³ урожайность снижается на

35–40 %. Плотность почвы определяет не только урожайность, но и товарный вид картофеля – величину, форму и сохранность клубней.

Поля должны быть выровнены (допускается угол склона до 3°), незавалунены, удаленность от хозяйственных центров и населенных пунктов не должна превышать 3 км.

Картофель хорошо переносит повышенную кислотность почвы. Оптимальной для него является кислотность в интервале pH_{KCL} от 5,3 до 5,8. В связи с интенсивным известкованием кислых почв картофель необходимо возделывать в специальных севооборотах, в которых pH почвы не превышает указанные значения. Стабильные урожаи клубней на уровне 350–400 ц/га обеспечиваются при строгом соблюдении всех технологических операций на почвах с содержанием гумуса 2,0–3,0 %, фосфора – 250–300 мг, калия – 200–250 мг в кг почвы. Высокое содержание гумуса способствует большому накоплению крахмала в клубнях картофеля.

Основным условием эффективного возделывания картофеля является совместное применение органических и минеральных удобрений. Для получения урожайности 300 ц/га и более на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной, требуется вносить 55–75 т/га, на супесчаных, подстилаемых песками, – 60–80 т/га органических удобрений. На всех почвах органические удобрения под среднеспелые, среднепоздние и поздние сорта картофеля необходимо вносить с осени под зяблевую вспашку или по зяби с заделкой в почву культиватором, на легких почвах (супесчаные, на песках) – весной. Весеннее внесение органических удобрений на суглинистых почвах приводит к задержке весенне-полевых работ, переуплотнению почвы и существенному недобору урожая.

Обязательными требованиями являются равномерное распределение органических удобрений по поверхности поля и быстрая заделка их в почву. В зависимости от запасов элементов питания и уровня планируемой урожайности рекомендуются следующие дозы минеральных удобрений (табл. 6.37, прил. 60).

Максимально допустимой дозой азотных удобрений при внесении 60–70 т/га органических удобрений являются 120 кг/га д. в.

Предельно допустимые дозы азота для раннеспелых и среднеранних сортов картофеля – 110–120 кг/га, среднеспелых – 100–110, среднепоздних и позднепелых – 80–90 кг/га д. в. Дозы азота для всех сортов семенного картофеля – 60–90 кг/га.

Институтом почвоведения и агрохимии разработано комплексное удобрение для картофеля с содержанием азота, фосфора и калия 16:12:20

с серой и микроэлементами – бором и медью, в котором все элементы питания сбалансированы с учетом биологических требований культуры.

Таблица 6.37. Дозы минеральных удобрений* под картофель на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемый урожай (клубни), ц/га			
		200–250	251–300	301–350	351–400
Азотные	–	60–70	70–85	85–100	100–120
Фосфорные	Менее 100	70–80	×	×	×
	101–150	50–60	60–70	×	×
	151–200	40–50	50–60	60–70	70–80
	201–300	25–30	30–40	40–50	50–60
	301–400	15–20	20–25	25–30	30–40
Калийные	Менее 80	80–100	×	×	×
	81–140	60–80	80–100	×	×
	141–200	50–60	60–80	80–100	100–120
	201–300	40–50	50–60	60–80	80–100
	301–400	30–35	35–40	40–50	50–60

*На фоне внесения 50–60 т/га органических удобрений.

При отсутствии комплексных удобрений применяются простые формы минеральных удобрений: сульфат аммония, аммофос, хлористый калий.

Азотные удобрения лучше вносить весной в один прием под перепахку зяби или культивацию. На супесчаных почвах, подстилаемых песками, возможна подкормка азотом (20–30 кг/га) в первую между-рядную обработку при высоте куста 15–20 см.

Фосфорные удобрения вносят как осенью, так и весной. Обязательным приемом должно быть внесение 20–30 кг/га P₂O₅ в рядки при посадке или полного минерального удобрения N_{20–30}P_{20–30}K_{20–30}. Хлорсодержащие калийные удобрения на почвах связного гранулометрического состава рекомендуется вносить осенью под вспашку или весной под культивацию, на почвах легкого гранулометрического состава – только весной.

На почвах 1-й и 2-й групп обеспеченности рекомендуется при планировании высоких урожаев картофеля эффективно применять микроэлементы бор, медь, марганец в начале бутонизации в дозе по 50 г/га д. в. Наряду с борной кислотой, сернокислой медью и серно-

кислым марганцем можно использовать МикроСтим бор, МикроСтим цинк, Адоб бор – 0,5 л/га, Адоб медь – 0,8, Адоб марганец – 0,3 или Эколист медь – 0,6, Эколист марганец – 0,3 л/га. Расход рабочего раствора – 200 л/га. Некорневые подкормки микроэлементами можно совмещать с применением инсектицидов против колорадского жука.

6.11. Озимый и яровой рапс

Яровой и озимый рапс в республике возделывается на площади 300 тыс. га, что составляет 6,3 % в структуре посевных площадей. Окупаемость 1 кг минеральных удобрений (NPK) при возделывании рапса составляет 3,2 кг маслосемян.

Особенности питания. Как озимый, так и яровой рапс предъявляют повышенные требования к плодородию почв, особенно к азотному режиму.

Наиболее пригодными для посева озимого рапса являются плодородные дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые почвы, подстилаемые моренным суглинком, с pH_{KCL} 6,0–6,5. Малопригодны торфяно-болотные почвы из-за возможного поражения корневой системы растений, песчаные – вследствие низкой влагоемкости, а также почвы с близким расположением грунтовых вод.

Рапс яровой хорошо растет на среднесуглинистых и супесчаных почвах, а также можно возделывать данную культуру на мелиорированных землях и торфяниках. Непригодны для возделывания ярового рапса легкие песчаные почвы с близким залеганием грунтовых вод, подстилаемые плотными водонепроницаемыми породами, а также почвы с кислой реакцией среды.

Оптимальные агрохимические показатели почвы: pH_{KCL} – 6,0–6,5, содержание гумуса – не менее 1,8 %, подвижных форм P_2O_5 и K_2O – не менее 150 мг/кг.

Для успешной перезимовки посевы озимого рапса следует размещать преимущественно на северных, восточных и северо-восточных склонах, т. е. там, где ниже среднесуточный перепад температур.

Рапс – культура, потребляющая значительное количество азота. С 1 т семян и соответствующим количеством соломы озимый рапс в среднем выносит 54–62 кг азота, 24–34 кг фосфора и 35–40 кг калия, яровой – 55–58 кг азота, 20–24 кг фосфора и 46–53 кг калия, т. е. озимый рапс потребляет немного больше азота и калия, чем яровой.

На ранних стадиях развития (фаза листообразования) озимый рапс от ярового отличается более растянутым периодом поглощения элементов питания и более высокой интенсивностью потребления элементов питания. В дальнейшем динамика поглощения питательных веществ рапсом яровым и озимым имеет одинаковый характер: потребление элементов продолжается до созревания семян, максимальный период поглощения азота, фосфора и калия наблюдается в период стеблевания – бутонизация. К фазе бутонизации рапс озимый и яровой потребляют 65–76 % основных элементов питания.

Рапс характеризуется повышенным требованием к обеспеченности почв микроэлементами, особенно бором, марганцем и цинком, потребность в которых возрастает на произвесткованных почвах. Доступность микроэлементов для рапса снижается в сухие годы, а также при холодной погоде, избыточном фосфорном и азотном питании.

Система удобрения озимого рапса минеральная, двучленная: основное удобрение и подкормка.

Органические удобрения в виде навоза или компоста (20–30 т/га) на песчаных и бедных гумусом почвах рекомендуется вносить под предшественник. Рапс хорошо использует их последствие. Дозы внесения минеральных удобрений для озимого рапса рассчитывают с учетом уровня планируемой урожайности и содержания элементов питания, которые представлены в табл. 6.38, прил. 60.

Таблица 6.38. Дозы минеральных удобрений под озимый рапс на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (семена), ц/га			
		20,1–25,0	25,1–30,0	30,1–35,0	35,1–40,0
Азотные	–	80–100	100–120	120–160	160–180
Фосфорные	Менее 100	75–90	×	×	×
	101–150	65–80	80–95	×	×
	151–200	50–65	65–80	80–95	95–110
	201–300	40–50	50–60	60–70	70–80
	301–400	20–25	25–30	30–35	35–40
Калийные	201–300	50–60	60–70	70–80	80–90
	301–400	20–30	30–40	40–45	45–50

Полную дозу фосфорных и калийных удобрений лучше вносить после уборки предшественника под основную обработку почвы с соблюдением приемов, направленных против переуплотнения почвы. Кроме того, для снижения потерь калия от вымывания на почвах с лег-

ким гранулометрическим составом целесообразно вносить 60–70 % расчетной дозы калия осенью, а остальную часть – рано весной, причем оптимальной формой калийных удобрений для данной подкормки является сульфат калия.

Азотные удобрения, как правило, применяются после перезимовки озимого рапса в два приема. Только в исключительных случаях азот (не более 30 кг/га) вносят осенью (плохой предшественник, в качестве органического удобрения использовалась солома, низкое плодородие почвы). Чтобы внесение под посев культуры азота, фосфора и калия было сбалансированным, лучше всего применять комплексные удобрения. На почвах:

- с низкой и средней степенью обеспеченности подвижными формами фосфора и калия – N:P:K 5–6:18–20:30–35, 5:16:35 + S + Гидрогумат, 5:16:35 + S + Феномелан, 5:16:35 + S + Эпин;

- с повышенным и высоким содержанием фосфора и калия – N:P:K 7–8:16–18:25–31, 7:16–18:25–31 + S + B, 7:16–18:25–31 + S + B + Mn, 7:16–18:25–31 + S + B + Mn + Эпин. Подобные комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения разработаны РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» совместно с ОАО «Гомельский химический завод».

Азотные удобрения следует вносить в подкормки. *Первую* – в дозе N_{110–120} – во время возобновления весенней вегетации. Лучшими формами азотных удобрений являются аммиачная селитра, КАС, карбамид. В годы с ранней весной в первую подкормку следует вносить 40–60 кг/га азота, а остальную дозу необходимо внести в фазу бутонизации. В этом случае возврат весенних заморозков не окажет губительного действия на растения рапса. Также следует учесть, что в первую очередь следует подкармливать ослабленные посевы и посевы, расположенные на легких почвах.

Вторую подкормку (N_{40–60}) проводят в фазу стеблевания (примерно через 2–2,5 недели после первой) аммонийной селитрой, КАС, карбамидом. Во вторую подкормку озимого рапса нельзя использовать сульфат аммония, так как это может вызвать ожоги растений. В случае использования сульфата аммония необходимо обратить особое внимание на содержание серы в почве. Так, данное удобрение целесообразно использовать на почвах с низким содержанием обменной серы (менее 6,0 мг/кг почвы). На почвах с более высоким ее содержанием внесение сульфата аммония может приводить к повышению содержания глюкозилатов в маслосеменах.

При внесении КАС доза азота не должна превышать 30 кг/га. КАС необходимо разбавить водой в соотношении 1:3. При этом в раствор можно ввести микроэлементы и инсектициды. Подкормку следует проводить в утреннее или вечернее время.

При недостаточном внесении азота в первые две подкормки можно провести и *третью* – спустя 1–1,5 недели в фазу бутонизации **до начала цветения**. В этом случае используют 5–10%-ный раствор карбамида, КАС или ЖКУ, содержащие N, Mn, S, B, Mo. При слабом развитии растений или при густоте стояния растений менее 40 шт/м² дозу азота следует повысить на 20–40 кг/га.

Растворы карбамида и жидкие комплексные удобрения необходимо применять совместно со средствами защиты, когда сроки борьбы против большинства вредителей и некорневой подкормки совпадают. Совместное проведение мероприятий по защите растений и некорневых подкормок уменьшает количество проходов сельскохозяйственной техники, тем самым снижает переуплотнение почвы и угнетение растений и существенно уменьшает затраты на возделывание культуры.

При возделывании озимого рапса на маслосемена обязательным условием является проведение некорневых подкормок бором, марганцем, молибденом и магнием. Так, в осенний период (в фазу 3–5 листьев) целесообразно проведение первой некорневой подкормки бором в дозе 30–50 г/га, вторая некорневая подкормка проводится в весенний период (в фазу бутонизации) – бор 50–70 г/га, марганец – 50–100 г/га, молибден – 30–40 г/га, магний – 50–100 г/га. Также микроэлементы рекомендуется вводить при инкрустации семян: B – 200 г, Mn – 300 г/т семян, так как подвижность данных микроэлементов при известковании почв снижается.

В качестве микроудобрений можно использовать минеральные соли и хелатные или органо-минеральные соединения, производимые различными производителями (Адоб марганец, Адоб бор, МикроСтим бор, МикроСил бор и др.). Технологическая схема применения макро- и микроудобрений в технологии возделывания озимого рапса, разработанная РУП «Институт почвоведения и агрохимии», приведена в табл. 6.39.

Основным условием получения высоких урожаев семян ярового рапса является рациональное внесение минеральных удобрений и оптимальное значение pH 5,8–6,5. **Система удобрения ярового рапса** включает основное внесение удобрений и подкормку.

Органические удобрения целесообразно вносить под предшественник рапса. Фосфорные и калийные удобрения на связных почвах вносят осенью при основной обработке, на легких почвах – в предпосевную культивацию. В качестве фосфорных удобрений можно использовать комплексные удобрения: аммофос, аммонизированный суперфосфат, из калийных – хлористый калий.

Таблица 6.39. Технологическая схема применения удобрений при возделывании озимого рапса (урожайность 40–50 ц/га)

Дозы удобрений, кг/га д. в.	Формы удобрений	Сроки применения
$N_{20-24}P_{80-100}K_{120-150}$	Аммофос, хлористый калий	До посева
$N_{100-120}$	КАС или сульфат аммония	Весной в начале вегетации
N_{50-60}	Мочевина	Через 2–2,5 недели после первой
$B_{0,20}Mn_{0,05}$	Борная кислота (Соллобор ДФ) и сульфат марганца, или Адоб бор и Адоб марганец, или МикроСтим бор, или МикроСтим марганец, или МикроСил бор	Некорневые подкормки: осенью в фазу 4–6 листьев; весной: 1-я – в фазу стеблевания, 2-я – перед цветением в баковой смеси с инсектицидом и добавлением мочевины; расход – 12 кг на 200 л рабочего раствора

Дозы фосфорных и калийных удобрений представлены в табл. 6.40, 6.41 и прил. 60.

Таблица 6.40. Дозы фосфорных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками, кг/га д. в.

Предшественник	Содержание в почве подвижной формы P_2O_5 , мг/кг				
	Менее 100	101–150	151–200	201–300	301–400
Картофель, кукуруза (50 т/га навоза)	65–80	55–65	45–55	30–35	15
Озимые зерновые (20 т/га навоза)	70–85	60–70	50–60	35–40	20
Зерновые, зернобобовые, многолетние и однолетние травы	75–90	65–75	55–65	40–45	25

С экологической точки зрения, учитывая высокую подвижность азотных удобрений, их внесение следует проводить весной под предпосевную обработку почвы.

Азот под рапс яровой при расчетной дозе более 90 кг/га следует вносить дробно: до посева – в виде КАС, мочевины или аммонийной селитры (50 % расчетной дозы) и подкормки. Недостаточное внесение в основное удобрение азота можно компенсировать двукратными внекорневыми подкормками (5–10%-ным раствора карбамида или раствором КАС), но не заменять основное внесение азотных удобрений. При этом необходимо строго соблюдать концентрацию раствора и не проводить обработку в фазу цветения рапса. Первая подкормка – в фазу 4–6 листьев (30 % расчетной дозы) в виде сульфата аммония, мочевины или аммонийной селитры. Вторая подкормка – в фазу бутонизации (20 % расчетной дозы) в виде КАС (обязательно с разведением) одновременно с внесением микроэлементов и инсектицидной обработкой от рапсового цветоеда, с нормой расхода баковой смеси 300 л/га.

Таблица 6.41. Дозы калийных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками, кг/га д. в.

Предшественник	Содержание в почве подвижной формы K_2O , мг/кг				
	менее 80	81–140	141–200	201–300	301–400
Картофель, кукуруза (50 т/га навоза)	95–110	85–105	75–85	45–55	0–25
Озимые зерновые (20 т/га навоза)	110–125	100–120	90–100	60–70	35
Зерновые, зернобобовые, многолетние и однолетние травы	120–135	110–130	100–110	70–80	45

Исследования, проведенные кафедрой агрохимии, почвоведения и сельскохозяйственной экологии УО ГГАУ, показали, что с агрономической, энергетической и экономической точек зрения внесение азотных удобрений в дозах более 150 кг/га д. в. неэффективно, так как абсолютные величины прироста урожая при этом снижаются.

При известковании кислых почв происходит уменьшение подвижности многих микроэлементов. В наибольшей степени это относится к бору и марганцу, что требует обязательного дополнительного их внесения на почвах с рН, близкой к нейтральной, или после известкования. Снижение доступности микроэлементов может проявляться также на почвах легкого гранулометрического состава, особенно в засушли-

вые годы. В связи с этим на дерново-подзолистых почвах рекомендуется использовать в виде некорневой подкормки, начиная с фазы 6–8 листьев и заканчивая фазой бутонизации: бор 50–70 г/га, марганец – 50–100 г/га, молибден – 30–40 г/га, магний – 50–100 г/га в виде солей металлов или с использованием микроудобрений, содержащих металлы в хелатной форме.

Однако наиболее оптимальным сроком внесения микроудобрений является фаза бутонизации, которая длится, в зависимости от погодных условий, около месяца. Использование микроудобрений следует совмещать с применением инсектицидов против рапсового цветоеда и скрытнохоботника.

6.12. Подсолнечник

Особенности питания. Подсолнечник является одной из наиболее распространенных в мире масличных культур, обеспечивающих промышленное производство растительного масла. Его стебли и листья, а также отходы производства масла идут на корм сельскохозяйственным животным.

В Республике Беларусь промышленное выращивание подсолнечника только начинается, к сожалению, в небольших масштабах. Наиболее пригодны для его возделывания дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы, а также супесчаные почвы с водоупорным слоем из моренного суглинка на глубине около 1 м. Малопригодны легкие почвы, подстилаемые супесью, а также песчаные, илистые, тяжелосуглинистые почвы. Для этой культуры необходимо подбирать участки, которые имеют близкую к нейтральной реакцию среды. При этом содержание гумуса в их пахотном горизонте должно быть не менее 1,8 %, а содержание подвижных соединений фосфора и калия – не менее 150 мг/кг почвы.

Подсолнечник имеет мощную корневую систему, глубоко проникающую в почву. Он отличается повышенной способностью усваивать элементы питания из труднорастворимых соединений. От появления всходов и до образования 5–6 пар листьев подсолнечник потребляет небольшое количество питательных веществ. Затем темпы потребления питательных веществ увеличиваются, и уже к началу цветения в растение поступает до половины азота, калия и треть фосфора от максимального их накопления. К моменту налива семян подсолнечник практически прекращает потреблять азот. Потребление калия состав-

ляет 80 %, а поглощение фосфора продолжается до полного созревания семян, при этом калий накапливается главным образом в стеблях и днищах корзинок подсолнечника, и поэтому его значительная часть возвращается после уборки в почву.

Подсолнечник предъявляет высокие требования к наличию в почве усвояемых форм питательных веществ, особенно калия. Удельный вынос элементов питания у него значительно больше, чем у зерновых культур. В среднем с 1 т урожая семян он выносит 40–60 кг N, 17–20 кг P₂O₅, 100–120 кг K₂O, 17 кг MgO и 30 кг SO₄.

Система удобрения. Органические удобрения в дозе 30–40 т/га рекомендуется вносить под предшествующую культуру. Применять их непосредственно под подсолнечник нельзя. Это может привести к чрезмерному развитию вегетативной массы и удлинению вегетационного периода.

При возделывании подсолнечника на легких почвах доза азотных удобрений должна составлять 90 кг д. в./га. На связных почвах при содержании гумуса более 2 %, а также на фоне органических удобрений, внесенных под предшественник, – не более 60–70 кг д. в./га. Высокие дозы азота снижают устойчивость подсолнечника к полеганию, задерживают его созревание, способствуют развитию болезней. Азотные удобрения следует вносить под предпосевную обработку почвы.

Фосфорные и калийные удобрения рекомендуется вносить под зяблевую вспашку. На почвах, среднеобеспеченных подвижными соединениями фосфора и калия, дозы фосфора должны составлять 60–70 кг, калия – 90–100 кг/га. При низком содержании дозу фосфора увеличивают до 90 кг/га, а калия – до 150 кг/га.

Как и многие другие культуры, подсолнечник хорошо отзывается на рядковое внесение фосфорных удобрений. При дефиците фосфорных удобрений в рядки при посеве предпочтительнее вносить N₂₅P₂₅K₂₅ в форме комплексного АФК удобрения.

Подсолнечник очень отзывчив на внесение бора и марганца. При низком и среднем их содержании в почве в некорневую подкормку в фазу 4–5-го настоящего листа и в фазу начала цветения необходимо вносить 200 г/га бора и 100 г/га марганца. При этом лучше использовать органоминеральную форму борных удобрений (МикроСтим бор) и хелатную форму марганцевых удобрений (МикроСтим марганец), так как в отличие от минеральных форм они обеспечивают равномерное созревание семян на всей площади корзинки.

6.13. Однолетние и многолетние травы

Однолетние травы

Однолетние травы в республике ежегодно высеваются на площади более 300 тыс.га. Они используются для получения зеленого корма, силоса, сенажа или семян. В группу однолетних трав входят бобовые (сераделла, горох, вика, люпин), капустные (рапс яровой, рапс озимый, горчица, редька масличная, сурепица озимая), злаковые (райграс однолетний). Все указанные культуры высеваются в чистых (кроме вики и гороха) и смешанных посевах (табл. 6.42, прил. 60).

Таблица 6.42. Однолетние травы

Злаковые	Бобовые	Капустные	Смешанные посевы
Райграс одноп	од	и	Ш оЭ

Оптимальная доза азота под бобово-злаковые смеси составляет 60–80 кг/га. Увеличение дозы азота не приводит к росту продуктивности и ухудшает качество корма. Поскольку бобово-злаковые травосмеси являются хорошим предшественником под озимые зерновые культуры, то под них рекомендуется внесение органических удобрений в дозах 30–40 т/га.

Таблица 6.44. Дозы минеральных удобрений под однолетние травы

Группа однолетних трав	Доза NPK, кг/га
Дерново-подзолистые почвы	
Капустные злаковые	N ₉₀₋₁₁₀ P ₄₀₋₅₀ K ₈₀₋₁₂₀
Злаковые (райграс однолетний)	N ₁₀₀₋₁₁₀ P ₄₀₋₅₀ K ₈₀₋₁₂₀
Бобово-злаковые	N ₆₀₋₈₀ P ₃₀₋₄₀ K ₆₀₋₈₀
Бобовые	P ₄₀₋₅₀ K ₈₀₋₁₀₀
Торфяные почвы	
Капустные, злаковые, бобово-злаковые	N ₂₀₋₄₀ P ₃₀₋₄₀ K ₇₀₋₁₀₀

При возделывании райграса однолетнего в чистом виде оптимальная доза азотных удобрений составляет 100–110 кг/га д. в. Для капустных культур рекомендуется внесение 90–100 кг/га азота. Под однолетние бобовые травы азотные удобрения не вносятся.

На торфяных почвах под все однолетние травы рекомендуется применять N₂₀₋₄₀P₃₀₋₄₀K₇₀₋₁₀₀. На деградированных торфяниках доза минерального азота увеличивается до 40–60 кг/га.

Азотные, фосфорные и калийные удобрения вносят в основной прием под предпосевную культивацию.

Многолетние травы

В Республике Беларусь возделывают многолетние бобовые травы (клевер, люцерна посевная, галега восточная (козлятник), донник, лядвенец рогатый), многолетние злаковые травы (тимофеевка луговая, ежа сборная, овсяница луговая, лисохвост луговой, мятлик луговой, кострец безостый, райграс пастбищный, полевица белая, двукисточник) и многолетние бобово-злаковые травы.

В полевых и кормовых севооборотах многолетние травы возделываются в чистом виде либо в смеси бобовых со злаковыми. Эффективнее их возделывать в чистом виде, что позволяет более рационально использовать минеральные удобрения на злаковых травах и потенциал

симбиотической азотфиксации бобовых трав. На постоянных участках может возделываться люцерна в течение 5–6 лет и галега (до 10 лет).

Бобовые многолетние травы отличаются способностью использовать азот из воздуха в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Коэффициент азотфиксации у этих культур составляет 60–70 %. В связи с этим бобовые многолетние травы не нуждаются в азоте.

Они требуют окультуренных почв с оптимальным содержанием питательных веществ и хорошими водно-физическими свойствами почв. Клевер лучше удается на почвах с реакцией, близкой к нейтральной (pH_{KCL} 6–7,0), люцерна – 6,5–7,0.

Многолетние бобовые травы отличаются большим выносом калия. На формирование 1 т сена они расходуют 23,4 кг азота, 5,1 кг фосфора, 27,2 кг калия.

Наиболее интенсивно усвоение элементов питания у многолетних бобовых трав происходит в фазы бутонизации и цветения. В первые годы жизни бобовым травам необходим фосфор в легкодоступной форме. Они требовательны к микроэлементам: бору, молибдену и меди.

Перспективными высокопродуктивными многолетними бобовыми культурами для кормопроизводства республики являются лядвенец рогатый, галега восточная, донник белый. Лядвенец рогатый не требователен к плодородию почвы, устойчив к повышенной кислотности почв, оптимальное значение pH_{KCL} 4,5–7,5. Галега восточная отличается высоким (до 10 лет) продуктивным долголетием. Она хорошо растет на всех почвах (кроме заболоченных и песчаных, развивающихся на песках), требует известкования при pH_{KCL} менее 5,5. Донник белый – двулетнее, засухоустойчивое растение. Он произрастает на всех типах почв (кроме тяжелых переувлажненных и кислых почвах $\text{pH}_{\text{KCL}} < 5,8$).

Многолетние злаковые травы менее требовательны к почвенным условиям. Они лучше переносят повышенную кислотность, однако на произвесткованных почвах дают большую урожайность.

Удобрение клевера лугового. Известкование почвы под клевер проводят полной дозой и по возможности за год или за два года до его посева.

Клевер, как правило, высевают под покров ячменя, однолетних трав, озимой ржи. Клевер луговой положительно реагирует на применение органических удобрений под предшественник. При внесении под покровную зерновую культуру 30–40 т/га навоза клевер быстрее растет в начальный период, повышается надежность его сохранения под покровом и в период зимовки.

Под покровную культуру рекомендуется вносить не более 60 кг азота. При больших дозах азота наблюдается угнетение клевера зерновыми покровными культурами, что отрицательно отражается на сохранности всходов и последующей продуктивности всходов.

Главным критерием определения доз фосфорных и калийных удобрений клевера являются данные по содержанию подвижных форм фосфора и калия в почве и планируемой урожайности клевера (табл. 6.45, прил. 60). Фосфорные удобрения можно вносить в запас или весной после перезимовки (1 год пользования) в начале возобновления весенней вегетации. Для калия предпочтительнее также весенние подкормки.

Таблица 6.45. Дозы минеральных удобрений под многолетние травы на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Бобовые травы* (зеленая масса)			Злаковые травы** (сено)			Бобово-злаковые травы (сено)		
		Планируемая урожайность (семена), ц/га								
		200–300	301–400	401–500	40–60	61–80	81–100	40–60	61–80	81–100
Азотные	–	–	–	–	80–100	110–130	130–150	50–60	60–70	70–90
Фосфорные	Менее 100	70–100	×	×	70–100	×	×	70–100	×	×
	101–150	60–80	×	×	60–80	×	×	60–80	×	×
	151–200	50–70	70–90	×	50–70	70–90	×	50–70	70–90	×
	201–300	40–50	50–60	60–70	40–50	50–60	60–70	40–50	50–60	60–70
	301–400	–	20–30	30–40	–	20–30	30–40	–	20–30	30–40
Калийные	Менее 80	120–150	×	×	120–150	×	×	120–150	×	×
	81–140	110–140	×	×	110–140	×	×	110–140	×	×
	141–200	100–120	120–140	–	100–120	120–140	×	100–120	120–140	×
	201–300	70–100	100–120	120–140	70–100	100–120	120–140	70–100	100–120	120–140
	301–400	30–40	40–50	50–60	30–40	40–50	50–60	30–40	40–50	50–60

*Клевер, люцерна, галега восточная (козлятник), донник, лядвинец рогатый; **тимофеевка луговая, ежа сборная, овсяница, листовост луговой, мятлик, кострец безостый, райграс пастбищный, полевица, двукосточник.

Если дозы калия выше 90 кг/га, то их лучше применять дробно под укосы, что обеспечит эффективное использование растениями и сни-

зит потери калия из почвы. В случае, когда растения клевера лугового вышли из-под покрова ослабленными, в первый год его жизни необходима подкормка фосфором и калием. Фосфорные и калийные удобрения способствуют накоплению сахаров в корневых клетках растений клевера и тем самым уменьшают выпадение клевера во время зимовки. Оптимальной дозой удобрения в зависимости от уровня плодородия почвы в подкормку клевера осенью, после уборки покровной культуры, является $P_{30-60}K_{50-90}$.

На почвах 1-й и 2-й групп обеспеченности бором и молибденом клевер нуждается в борных и молибденовых удобрениях, которые можно внести в некорневую подкормку в фазу бутонизации в дозе 50 г/га бора и 25–50 г/га молибдена. Предпочтительнее с точки зрения энергосбережения предпосевная обработка семян молибдатом аммония в дозе 20 г д. в./ц семян и борной кислотой в дозе 30–50 г д. в./ц семян.

Важным компонентом современной технологии возделывания бобовых многолетних трав являются инокуляция семян перед посевом с применением регуляторов роста растений. Для увеличения азотфиксации семена бобовых трав обрабатывают Сапронитом в дозе 1 л/т семян. Регуляторы роста рекомендуется применять в фазу начала стеблевания клевера из расчета 350 г/га Квартазина или 50 мл/га Эпина. Прибавка урожая зеленой массы клевера от регуляторов роста составляет 2,5–6,3 т/га, от Сапронита – 5,6–7,2 т/га.

Удобрение люцерны. Люцерна более, чем клевер, требовательна и отзывчива как на общее плодородие почв, так и на обеспеченность их фосфором и калием. Содержание подвижного фосфора и калия должно быть не менее 150 мг/кг почвы. Эта культура высевается под покров и беспокровно.

При беспокровном посеве органические удобрения вносятся непосредственно под люцерну, при использовании покровного посева их применяют в дозах 30–40 т/га под зерновые покровные культуры.

При возделывании люцерны без покрова фосфорные и калийные удобрения вносят в основной прием до посева и в подкормку. Припосевное внесение фосфора в дозе 15 кг/га повышает урожайность и устойчивость люцерны к неблагоприятным условиям. При ежегодном использовании люцерны фосфорные и калийные удобрения вносятся весной в начале возобновления вегетации.

Применение микроудобрений, Сапронита и регуляторов роста растений под люцерну проводится так же, как и на клевере.

Удобрение галеги восточной, лядвенца рогатого, донника белого аналогично системе удобрения клевера лугового и люцерны. Под эти культуры не применяют азотные удобрения. Как исключение, под галегу восточную в первый год жизни (при беспокровном возделывании) допускается внесение азота в подкормку в дозе 30–60 кг/га, если под предшественник или непосредственно под саму культуру не применялись органические удобрения. Дозы фосфорных и калийных удобрений под эти культуры представлены в табл. 6.45.

Удобрение бобово-злаковых трав отличается от одновидовых травостоев бобовых трав тем, что необходимость внесения азота, а также его дозы зависят от долевого участия бобового компонента. Если долевое участие бобового компонента превышает 30 % (40 растений на 1 м²), то азотные удобрения не дают эффекта и применение их становится нецелесообразным.

При снижении участия бобовых трав в травостое азот в подкормку оправдан. Для поддержания доли бобового компонента в бобово-злаковом травостое азотные удобрения целесообразно вносить только под второй укос. В смешанных посевах бобово-злаковых трав рекомендуется вносить азот дробно под укосы в дозах (от 25 до 45 кг/га) в зависимости от планируемой урожайности.

Фосфорные и калийные удобрения применяются в один прием рано весной в период возобновления вегетации.

Удобрение злаковых трав. Органические удобрения под злаковые травы вносятся так же, как и под бобовые. Многолетние злаковые травы требуют внесения полного минерального удобрения. Фосфорные и калийные удобрения вносят в подкормку весной в начале возобновления вегетации растений, азотные – дробно под укосы. Под первый укос многолетних злаковых трав (весной в начале возобновления вегетации) применяют $\frac{2}{3}$ от общей дозы азота и $\frac{1}{3}$ дозы – под второй. Доза под второй укос составляет 30–40 кг/га.

Формы калийных и фосфорных удобрений могут быть любые. В качестве азотных лучше использовать КАС. Во избежание ожогов растений под второй укос КАС вносят сразу после скашивания первого.

Микроудобрения – сульфат меди, сульфат цинка можно внести при обработке семян в дозах 200–250 г/ц семян.

При возделывании многолетних трав на семенные цели (первый укос убирается на зеленую массу, второй – на семена) следует обязательно вносить органические удобрения (под покровную культуру или предшественник), проводить известкование и применять микроэле-

менты. Дозы микроудобрений для некорневой подкормки семенных посевов многолетних трав представлены в табл. 6.46.

Таблица 6.46. Дозы и сроки применения некорневых подкормок микроудобрениями многолетних трав

Рекомендуемые дозы, г/га	Микроудобрения	Доза, г/га	Сроки применения
Семенники многолетних бобовых трав			
B ₅₀ Mo ₂₅₋₅₀	Борная кислота	300	Бутионизация
	Молибдат аммония	50–100	
Семенники многолетних злаковых трав			
Cu ₅₀₋₁₀₀ Mn ₅₀	Сульфат меди	200–400	Начало выхода в трубку

6.14. Овощные культуры

Почвенно-климатические условия и особенности питания отдельных овощных культур имеют большое значение для разработки системы удобрений в овощеводческих хозяйствах.

Капустные растения. Овощные культуры капустной группы, к которым относятся капуста белокочанная ранних, средних, среднепоздних и поздних сортов, капуста краснокочанная, цветная, брокколи, брюссельская, савойская, кольраби, имеют много общего в требованиях к условиям почвенного питания, но в то же время и существенно различаются между собой.

Капуста белокочанная потребляет большое количество питательных веществ и предъявляет высокие требования к плодородию почвы. Если в первый месяц после высадки рассады она потребляет 7–10 % питательных элементов от общей потребности, то во время формирования листового аппарата и завязывания кочана (продолжается 40–50 дней) капуста поглощает основную (более 80 %) часть их.

По данным З. И. Журбицкого, вынос элементов питания капустой зависит от структуры урожая. При колебании содержания кочанов в урожае от 50 до 70 % потребление азота и фосфора на 100 ц кочанов различается в 1,5–2 раза. При нормальном соотношении товарной и нетоварной продукции (70 % кочанов в общей массе урожая) на 100 ц образования кочанов требуется 30–35 кг N, 12 кг P₂O₅ и 40–45 кг K₂O. Причем на 100 ц кочанов ранние, среднеспелые и позднеспелые сорта потребляют примерно одинаковое количество азота, фосфора и калия.

Раннюю капусту лучше размещать на окультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах. Торфяники и заливаемые тяжелосуглинистые пойменные почвы для нее непригодны.

Среднепоздняя и поздняя капуста характеризуется очень высоким потреблением питательных веществ в течение длительного времени, поэтому она требует обильного удобрения на протяжении всего периода вегетации. Поздняя капуста потребляет много влаги, поэтому хорошо растет на суглинистых пойменных почвах и низинных торфяниках с хорошим увлажнением, а на легких почвах она может давать удовлетворительные урожаи только при орошении.

Капуста хорошо растет на почвах со слабокислой и нейтральной реакцией (рН 6,5–7,0). На кислых почвах капуста поражается килой. Причем ранняя капуста поражается более сильно, чем поздняя. Поэтому под капусту кислые почвы необходимо известковать. В севооборотах с капустой нормы известковых удобрений увеличивают на 30 %. Известкование почвы при возделывании ранней капусты производят под предшественник.

Общие дозы удобрений под капусту в зависимости от типа почвы и обеспеченности питательными веществами и уровня планируемого урожая приведены в прил. 32. Ранняя капуста хорошо реагирует на внесение органических удобрений с осени. Под капусту средних, среднепоздних и поздних сортов навоз и фосфорно-калийные удобрения вносят с осени или весной под перепашку ночвы. Азотные удобрения применяют незадолго перед высадкой рассады. Во избежание накопления нитратов общая доза азота под ранние сорта не должна превышать 135 кг/га, а под среднепоздние и поздние сорта – 150 кг/га. Местное внесение при посадке по 15 кг NPK на 1 га в виде сложных удобрений (нитроаммофоска, нитрофоска и др.) позволяет дополнительно получить до 50 ц кочанов.

Одну-две подкормки средне- и позднеспелых сортов капусты (прил. 33) проводят перед формированием кочана при планировании высоких урожаев.

Под капусту из азотных удобрений применяют сульфат аммония, мочевины, аммиачную селитру, фосфорных – аммофос, суперфосфаты, калийных – хлористый калий и другие формы однокомпонентных и комплексных удобрений. Как и другие культуры семейства капустовых, капуста хорошо отзывается на серосодержащие удобрения.

Капуста цветная имеет высокую питательную ценность. Урожай этой культуры можно получать круглый год. Цветная капуста очень

требовательна к условиям почвенного плодородия и минеральному питанию. Наиболее пригодными для нее являются окультуренные участки преимущественно легкого гранулометрического состава (супеси и легкие суглинки) с высоким содержанием органического вещества. На богатых азотом низинных торфяниках и тяжелосуглинистых лугово-болотных пойменных почвах цветная капуста развивает избыточную вегетативную массу, плохо завязывает головку, страдает от молибденового голодания.

Цветная капуста сильнее, чем белокочанная, поражается килой, и ее целесообразно выращивать на нейтральных почвах. Известь следует вносить под предшественники или с осени. Непосредственное внесение больших доз извести может вызывать резкий недостаток бора и снизить урожай.

При недостатке молибдена на некоторых почвах цветная капуста не образует соцветий, или они быстро рассыпаются. На таких почвах необходимо применять молибденовые удобрения.

Цветная капуста очень требовательна к влаге, и водообеспеченность этой культуры должна быть не ниже 70–80 % от полной влагоемкости. При выращивании рассады цветной капусты обязательный прием – опрыскивание ее в фазу 3–4 настоящих листочков 0,02%-ным раствором молибдата аммония.

Дозы органических и минеральных удобрений под цветную капусту зависят от уровня планируемого урожая и обеспеченности почвы подвижными формами питательных веществ (прил. 32). При посадке рассады вносят $N_{10}P_{10}K_{10}$.

Если почвы относятся к 3-й и 4-й группам по обеспеченности подвижными формами питательных веществ, то подкормки не проводят. На менее обеспеченных подвижными формами питательных веществ почвах в период образования 2–3 настоящих листьев проводят подкормку.

Капуста краснокочанная имеет хорошую лежкость кочанов на протяжении всего зимнего и весеннего периода и используется для приготовления салатов. Она отличается большим потреблением питательных веществ. На единицу продукции она потребляет почти в два раза больше питательных веществ, чем белокочанная. При урожайности в 500 ц/га она выносит 300 кг N, 85 кг P_2O_5 , 350 кг K_2O и 300 кг CaO. Размещают краснокочанную капусту на тех же почвах, что и белокочанную.

Повышенная кислотность снижает урожай краснокочанной капусты. Известкование можно проводить непосредственно под эту

культуру. Под краснокочанную капусту ориентировочно вносят 60–80 т/га органических удобрений и $N_{120-150}P_{90-120}K_{120-160}$. Целесообразно часть азотных удобрений вносить в 1–2 подкормки в дозе N_{30-40} .

Кольраби. По биологическим особенностям отличается от других видов капусты тем, что почти не отзывается на органические удобрения и под нее лучше вносить минеральные удобрения.

При урожае 200 ц с 1 га кольраби выносит 100 кг азота, 80 кг фосфора, 160 кг калия и 60 кг кальция, т. е. она требует несколько меньше питательных веществ, чем другие виды капусты. Под кольраби применяют $N_{90-120}P_{60-90}K_{120-150}$.

Столовые корнеплоды. Корнеплодные овощные растения предъявляют повышенные требования к почвенному плодородию. В первые периоды роста они очень чувствительны к фосфорному питанию. Достаточное обеспечение растений фосфором в начальный период роста способствует усиленному росту корневой системы, что обеспечивает формирование корнеплодов правильной формы, высоких товарных и вкусовых качеств.

Во время интенсивного нарастания вегетативной массы большинство столовых корнеплодов (морковь, петрушка, редис, пастернак) требуют умеренного азотного питания, однако некоторые корнеплоды (свекла, сельдерей, хрен) отзывчивы на повышенные дозы азота.

Большинство столовых корнеплодов хорошо используют последствие органических удобрений. Однако сельдерей, хрен и столовая свекла хорошо реагируют на непосредственное внесение органических удобрений.

Морковь столовая – наиболее ценное корнеплодное растение. Эта культура характеризуется холодостойкостью, медленным развитием в первый период роста и затем интенсивным потреблением элементов питания. Морковь лучше удается на окультуренных легкосуглинистых и супесчаных почвах (дерново-подзолистых и пойменных) и низинных торфяниках. Тяжелосуглинистые и глинистые, заплывающие почвы для нее непригодны. На 100 ц корнеплодов выносятся 23 кг N, 10 кг P_2O_5 и 38 кг K_2O , т. е. на единицу урожая усваивается больше всего калия.

Оптимальный уровень $pH_{ксл}$ при выращивании моркови находится в пределах 6,0–6,5. Однако непосредственное известкование под нее нежелательно, так как она не переносит избытка кальция. Поэтому известкуют ее под предшественники.

Особенность культуры состоит в том, что она отрицательно реагирует на повышенную концентрацию почвенного раствора в молодом возрасте. Морковь очень хорошо использует последствие органических удобрений. Внесение слабопрепавшего навоза под нее может привести к разветвлению корнеплодов и ухудшению их формы, лежкости и товарной ценности продукции. В то же время морковь, особенно на недостаточно окультуренных почвах, хорошо отзывается на внесение перепревшего навоза.

Дозы минеральных удобрений под морковь приведены в прил. 32. Система удобрения моркови складывается из основного удобрения, внесения небольших доз удобрений при посеве (прил. 32, 33). Через две-три недели после появления всходов морковь можно подкормить минеральными удобрениями (прил. 33). Морковь положительно реагирует на натрий. Лучшей формой калийных удобрений для нее является калийная соль.

Свекла столовая – одна из важнейших овощных культур, уступающая по посевным площадям только капусте и моркови. Лучше всего она произрастает на суглинистых дерново-подзолистых и пойменных хорошо окультуренных почвах с реакцией, близкой к нейтральной (рН 6,2–7,5). Известкование можно проводить непосредственно под свеклу. Дозы извести в севооборотах со свеклой увеличивают на 30 %. Свекла лучше других овощных культур переносит повышенную концентрацию солей, вынослива к избытку хлора. Для образования 100 ц корнеплодов она потребляет 27 кг N, 15 кг P₂O₅ и 43 кг K₂O. В урожае соотношение N:P₂O₅:K₂O составляет 1:0,56:1,6, т. е. столовая свекла – культура калиелюбивая. Период поглощения питательных веществ у свеклы растянут.

Свекла хорошо отзывается на внесение перепревшего навоза. Однако применение под нее слабозложившегося навоза приводит к разветвлению корнеплода, ухудшению товарных качеств и снижению лежкости корнеплода. В севообороте свеклу обычно размещают на второй год после применения органических удобрений.

Система удобрения столовой свеклы складывается из основного (прил. 32), припосевного и подкормок (прил. 33). Под свеклу можно применять две подкормки. Первая подкормка проводится при появлении одного-двух настоящих листьев, вторая – в начале формирования корнеплода.

Во избежание накопления нитратов в продукции общая доза азота под эту культуру не должна превышать 120 кг/га (на торфяниках

40–70 кг), а последняя подкормка должна проводиться не позднее чем за 1,5–2 мес до уборки. Столовая свекла хорошо отзывается на натрий, поэтому лучшие формы удобрений для нее, которые содержат натрий (калийная соль, натриевая селитра и др.).

Столовая свекла требовательна к бору. При недостатке бора (особенно после известкования) снижается ее урожайность и может появиться сердцевинная и серая гниль. Это устраняется внесением 1–1,5 кг бора в форме борного суперфосфата и других удобрений. В первую очередь бор вносится на почвах 1-й группы по обеспеченности бором.

Редис – широко распространенная овощная культура. Отличительной его биологической особенностью является короткий вегетационный период. Редис требователен к плодородию почвы и минеральному питанию.

Редис весенних сортов хорошо удаётся на окультуренных дерново-подзолистых супесчаных почвах, а осенних сортов – и на легкосуглинистых окультуренных. Эта культура хорошо растет на слабокислых и нейтральных почвах с уровнем pH_{KCl} 5,5–7,3. Известкование непосредственно под эту культуру не проводят. Его, так же как и обогащение почвы органическими веществами, необходимо проводить под предшественники.

При получении высоких урожаев редиса корневая система за короткий период интенсивно поглощает питательные вещества. Поэтому они в достаточном количестве должны содержаться в почве. Как правило, под предшественники вносятся высокие дозы органических удобрений в сочетании с минеральными.

В первоначальный период развития редис требует усиленного фосфорного питания, поэтому хорошо отзывается на внесение P_{10} в форме гранулированного суперфосфата. Лучшей дозой под редис на дерново-подзолистой почве является $N_{60}P_{90}K_{90}$. Редис требователен к влаге и при отсутствии осадков необходимо проведение орошения.

Тыквенные растения. В Беларуси из тыквенных культур выращивают огурцы, тыкву, кабачки, патиссоны. Это теплолюбивые растения, хорошо отзываются на органические удобрения, которые не только улучшают агрофизические свойства почвы и обеспечивают растения питательными элементами, но и снабжают их углекислым газом, необходимым для этих культур в большом количестве.

Огурцы отличаются относительно невысоким потреблением питательных веществ. На 100 ц товарной продукции растения потребляют

35 кг N, 21 кг P₂O₅, 44 кг K₂O и 33 кг CaO. Однако огурцы очень требовательны к плодородию почвы. Это связано с коротким вегетационным периодом (40–75 дней в зависимости от сорта), слаборазвитой корневой системой, которая по сравнению с другими культурами хуже использует питательные вещества из удобрений. Отсюда следует, что огурцы надо размещать на высокогумусных окультуренных почвах с обязательным внесением повышенных доз органических удобрений.

Для огурцов наиболее подходящими дерново-подзолистыми почвами являются супесчаные, легко- и среднесуглинистые. Торфяные почвы являются непригодными для выращивания этой культуры.

Огурец – теплолюбивая культура, которая в Беларуси в открытом грунте дает нестабильные урожаи. В связи с этим его лучше возделывать под временными пленочными укрытиями.

Огурцы чувствительны к кислой реакции среды, оптимальный уровень рН_{КСL} для них находится в пределах 6,5–7,0. Однако известкование лучше проводить под предшественники или небольшими дозами непосредственно под эту культуру.

Высокие урожаи огурцов в полевых условиях можно получить при внесении органических удобрений в сочетании с минеральными при хорошем водоснабжении. Огурцы отзывчивы на внесение повышенных доз органических удобрений. Навоз улучшает тепловой режим, усиливает микробиологическую активность почвы, повышает питание огурцов углекислотой, которая хорошо усваивается его стелющимися листьями. Это усиливает фотосинтетические процессы и повышает урожай. Органические удобрения можно использовать непосредственно перед севом, а свежий навоз лучше вносить заранее или с осени.

Огурцы очень чувствительны к концентрации почвенного раствора, и поэтому удобрения лучше применять дробно. Система удобрения этой культуры складывается из основного (прил. 32), припосевного и подкормок (прил. 33). Первую подкормку проводят через 15–20 дней после посадки, вторую – в начале цветения. Под огурцы лучше использовать концентрированные формы удобрений. Во избежание накопления нитратов в продукции доза азота под огурцы не должна превышать 90 кг/га. Отмечено положительное действие на урожай обработки семян огурцов 0,1%-ным раствором бора.

Кабачки и патиссоны широко используются в консервной промышленности. Это культуры большого биологического потенциала, которые в открытом фунте могут давать урожай до 500–700 ц/га. Кабачки и патиссоны по своим требованиям к почвенному плодородию

близки к огурцам, но лучше усваивают питательные вещества из почвы и труднорастворимых форм фосфорных удобрений, менее чувствительны к повышенной концентрации солей и требуют более высоких доз удобрений. Для получения высоких урожаев кабачков и патиссонов их целесообразно размещать на одном поле. Система удобрения кабачков и патиссонов состоит из внесения 60-80 т/га навоза на дерново-подзолистых и 50-60 т/га на пойменных почвах, применения минеральных удобрений в дозах $N_{90}P_{90-120}K_{120-150}$. Кабачки и патиссоны отзывчивы на подкормки, особенно азотными удобрениями, поэтому половину удобрений целесообразно внести в одну-две подкормки. Первую подкормку производят в период цветения, вторую – в начале плодоношения.

На торфяных почвах под кабачки и патиссоны применяют $P_{120}K_{140-160}$. Своевременный сбор урожая увеличивает урожайность этих культур.

Тыква занимает небольшие площади. Она лучше растет на богатых перегноем суглинистых почвах. Оптимальная реакция среды для нее слабо-кислая или близкая к нейтральной (pH_{KCL} 5,5-6,0). Тыква хорошо отзывается на органические удобрения, поэтому при выращивании ее на дерново-подзолистых почвах вносят 80-120 т/га навоза или торфонавозного компоста в сочетании с $N_{120}P_{120-130}K_{140-150}$. Тыква требовательна к элементам минерального питания, особенно фосфору. Из форм азотных удобрений лучше использовать сульфат аммония и мочевины.

Нитратные, азотные удобрения снижают качество продукции. Часть азотных или азотно-калийных удобрений можно давать в одну-две подкормки ($N_{30}K_{30}$) в период цветения и в начале плодообразования.

Пасленовые культуры. К пасленовым культурам относятся томаты, перец, баклажаны, физалис. Из этой группы культур в Беларуси наиболее широкое распространение получили томаты.

Томат высаживают рассадой. Он лучше удается на окультуренных дерново-подзолистых почвах легкого и среднего гранулометрического состава, хорошо обеспеченных подвижным фосфором. Томат характеризуется средним потреблением питательных веществ. На 100 ц плодов и соответствующего количества вегетативной массы ранние сорта потребляют 20-35 кг N, 7-9 кг P_2O_5 и 40-50 кг K_2O , среднеспелые – соответственно 30-40, 8-12 и 50-60 кг.

Оптимальная реакция среды для томата слабокислая или близкая к нейтральной. На сильнокислых почвах он положительно реагирует на

известкование. Лучше известкование проводить доломитовой мукой. Однако томаты плохо переносят избыток кальция.

Томат очень требователен к фосфору. Корневая система у него хорошо развитая, мочковатая, проникает вглубь почвы на 1–1,2 м. Однако слабо усваивает фосфор из почвы, особенно в условиях пониженных температур, и поэтому он положительно отзывается на повышенные дозы фосфорных удобрений.

Потребление питательных веществ на протяжении вегетационного периода неравномерное. Максимальное потребление азота и калия происходит в период наибольшего накопления органических веществ. В первый период роста недопустим избыток азота, так как это приводит к разрастанию вегетативной массы и затягиванию на 15–20 дней созревания плодов, что в условиях Беларуси недопустимо. Поэтому к установлению доз азота нужно подходить осторожно и лучше его вносить дробно, до посадки и в подкормку.

Сильному развитию вегетативной массы способствует и внесение навоза. Поэтому под томаты можно вносить только хорошо перепревший навоз или перегной в умеренных дозах.

Если азотные удобрения затягивают вегетацию, способствуют образованию многочисленных пасынков, то фосфорно-калийные удобрения на умеренном азотном фоне способствуют более дружному созреванию плодов и улучшению их качества. Налив плодов у томата осуществляется в основном за счет передвижения элементов питания из вегетативных органов.

Под томаты на дерново-подзолистых почвах применяют 30 т/га перегной или 20–30 т/га перепревшего навоза (торфонавозного компоста). Если под предшественник вносились органические удобрения, то ограничиваются применением только минеральных удобрений.

Система удобрения для томатов складывается из внесения основного удобрения (прил. 32), небольших доз минеральных удобрений при посеве и подкормки (прил. 33).

На почвах с низким содержанием бора и цинка необходимо применять эти микроэлементы. Борные удобрения повышают сахаристость плодов и содержание в них витамина С. При основном внесении вносят 1,0–1,5 кг бора в форме борного суперфосфата или другого удобрения, а при некорневой подкормке – 500 г борной кислоты на 1 га.

Перец – очень ценная теплолюбивая культура с высоким содержанием витаминов. В последнее время в связи с выведением скороспелых сортов эта культура успешно продвигается в более северные районы.

Перец лучше удается на легких, прогреваемых, хорошо окультуренных почвах. На 100 ц продукции при выращивании на дерново-подзолистых почвах он выносит 100–110 кг N, 16–17 кг P₂O₅ и 80–90 кг K₂O. На дерново-подзолистых почвах под перец применяют N₉₀₋₁₂₀K₁₂₀P₆₀₋₁₂₀K₉₀₋₁₂₀.

Луковичные овощные растения. Репчатый лук, лук-порей, многолетние луки, чеснок очень требовательны к реакции среды и плодородию почв, а также к повышенной концентрации минеральных солей в почве. Их лучше выращивать на плодородных, слабокислых или нейтральных почвах (рН 6,5–7,0).

Репчатый лук выращивают отдельные овощеводческие хозяйства, которые располагают постройками для доработки, сушки, хранения продукции и имеют определенный комплекс машин. Кроме того, лук в небольших количествах выращивают почти на всех индивидуальных участках.

Лучше репчатый лук удается на окультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах с реакцией, близкой к нейтральной (рН_{KCL} 6,0–7,0). Хорошие урожаи лука получают и на низинных торфяниках, но в связи с избытком азота на этих почвах луковицы плохо хранятся в зимний период.

По сравнению с другими овощными культурами лук образует слабую корневую систему. Особенно плохо развита корневая система у лука, выращиваемого семенами на севок. Чтобы слабая корневая система в сравнительно короткий период (45–60 дней) смогла обеспечить растения для формирования высокого урожая, необходимо бесперебойное снабжение питательными веществами на протяжении всего периода вегетации.

Репчатый лук чувствителен к повышенной концентрации солей. Наиболее высокие урожаи он дает при внесении средних доз удобрений в сочетании с применением навоза под предшествующую культуру.

Имеются сортовые особенности в потреблении питательных веществ. Острые луки потребляют значительно больше азота, а сладкие – больше калия. В среднем острые луки, выращиваемые севком на репку, потребляют на 100 ц продукции 44 кг N, 12 кг P₂O₅ и 21 кг K₂O, а сладкий – 30 кг N, 11 кг P₂O₅ и 32 кг K₂O. Значительное преобладание потребления азота над калием у острых луков, по данным В. А. Борисова, связано с более высоким содержанием сахаров.

В настоящее время лук в основном выращивают из севка. На дер-

ново-подзолистых почвах под репчатый лук минеральные удобрения следует вносить в дозах $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$. На почвах, хорошо окультуренных органическими удобрениями под предшествующие культуры, дозы удобрений при выращивании лука-севка не должны превышать $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$.

При выращивании лука всеми способами на недостаточно окультуренной почве эффективно внесение гранулированного суперфосфата при посеве в рядки (P_{10-20}).

Подкормки лука во время вегетации при сбалансированной основной заправке малоэффективны. Если удобрений недостаточно внесено в основное внесение, можно провести подкормку азотно-калийными удобрениями из расчета $N_{20}K_{30}$ через месяц при посадке севком и через два месяца после посева семенами.

Лук отличается повышенной требовательностью к сере, которая необходима для образования ароматических веществ. Поэтому под лук следует применять серосодержащие удобрения (сульфат аммония, сульфат калия и др.).

Лук-батун, лук-шалот, шнитт-лук – многолетние растения. Для выращивания лука-батун более подходящими являются хорошо окультуренные, богатые органическим веществом дерново-подзолистые супесчаные и суглинистые почвы. Шнитт-лук лучше удается на гумусированных суглинистых почвах, а лук-шалот – на супесчаных хорошо окультуренных почвах. Хорошие урожаи этих культур можно получать при выращивании их на одном участке до четырех лет. Для названных многолетних луков оптимальной является нейтральная реакция почвы. Однако известкование следует проводить под предшественники.

Система удобрения многолетних луков складывается из внесения до посева 80–120 т/га перепревшего навоза или компоста хорошего приготовления и ранневесенних подкормок после схода снега в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Чеснок – очень требовательная к плодородию почвы культура. Он лучше удается на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с высоким содержанием органического вещества и нейтральной реакцией почвенного раствора (рН 6,5–7,0). Чеснок не выносит повышенной концентрации солей в почве. Он так же, как и репчатый лук, имеет слабо развитую корневую систему с малой всасывающей способностью.

Чеснок хорошо отзывается на органические удобрения, но их лучше

вносить под предшественники в дозе 50–60 т/га. Перепревший навоз или перегной применяют осенью под зяблевую вспашку. Общие дозы минеральных удобрений в зависимости от обеспеченности почвы подвижными формами питательных веществ составляют $N_{60-70}P_{45-60}K_{60-90}$. В период начала образования луковиц проводят подкормку $N_{30}K_{30}$.

6.15. Плодовые и ягодные культуры

6.15.1. Подготовка почвы и внесение удобрений при посадке сада и ягодников

Если почва отводимого для сада участка недостаточно плодородна, то лучше за два-три года до посадки провести на нем окультуривание почвы. Хотя в этом случае деревья будут посажены на несколько лет позже, они обгонят те, что посажены раньше в неокультуренную почву. Окультуривание почвы предполагает известкование, внесение органических удобрений, посев многолетних трав и сидеральных культур. Прежде всего, на участок вносят 80–120 т/га органических, 90–100 кг/га фосфорных и 100–120 кг/га д. в. калийных удобрений и глубоко вспахивают. Дозы известковых удобрений рассчитывают на весь пахотный горизонт. Лучше две трети дозы известки запахать, а остальное заделать культивацией в верхний слой почвы. Затем участок засевают многолетними бобовыми травами или бобово-злаковыми травосмесями. В год закладки сада зеленую массу последнего укоса запахивают в основную обработку почвы.

Участок со старопахотными, более плодородными почвами готовят за 3–5 месяцев до посадки. Весной или в начале лета высевают сидераты (люпин, горох, фацелию, сурепицу, рапс и т. д.) и в фазе бутонизации запахивают. Перед посевом сидератов вносят 70–90 кг/га азотных и по 90–120 кг/га д. в. фосфорных и калийных удобрений. Под посевы бобовых культур (люпин, донник и сераделла) азотные удобрения не вносят.

При ускоренной закладке садов без предварительного окультуривания почвы удобрения вносят только при посадке в траншеи или посадочные ямы, а почву в междурядьях окультуривают в последующие годы.

Местное внесение удобрений при посадке обеспечивает питательными элементами деревца и кустарники в первые годы жизни. Особенно важен этот прием, если органические и минеральные удобрения

не вносили при подготовке почвы. При механизированной посадке смородины, крыжовника, малины нередко ограничиваются только внесением удобрений перед посадкой при окультуривании почвы.

Ямы под яблони и груши копают шириной 1,0–1,2 м, глубиной – 0,6 м, для вишни и сливы – 0,8 и 0,6 м, для ягодных кустарников – диаметром 50–60 см, глубиной – 30–35 см. Под яблоню и грушу в яму вносят 30–40 кг перегноя или компостов, под вишню и сливу – 15–25, смородину – 8–10 и крыжовник – 10–12 кг. Слаборазложившийся навоз использовать нельзя, так как внесенный на большую глубину он разлагается в анаэробных условиях с образованием вредных недоокисленных соединений, это может ухудшить приживаемость саженцев. Если под яблоню и грушу внести 30–40 кг качественных органических удобрений, минеральные можно не вносить, особенно на почвах с повышенной и высокой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия. Группировка почв по их содержанию приведена в табл. 6.47.

Таблица 6.47. Группировка обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижными формами фосфора и калия для плодовых культур

Степень обеспеченности почв	Наличие фосфора в почве, г/кг	Содержание калия в почве, г/кг
Очень низкая	До 50	До 60
Низкая	50–100	60–140
Средняя	101–150	141–200
Повышенная	151–200	201–250
Высокая	201–250	251–350
Очень высокая	Более 250	Более 350

Дозы фосфорных и калийных удобрений, вносимых в посадочную яму, зависят от обеспеченности почвы этими элементами. При средней обеспеченности под яблоню и грушу вносят по 40 г фосфора и калия, при низкой – до 60 г каждого элемента. Рекомендовавшиеся прежде дозы до 200 г фосфора в посадочную яму в ряде случаев себя не оправдали. По сравнению с дозой 60 г фосфора урожайность не возрастала, а на почвах с высоким его содержанием отмечались симптомы розеточности яблони (чаще – на слаборослых подвоях). Это заболевание развивается при недостатке цинка, который связан с внесением избыточных доз фосфора. Чрезмерный уровень фосфорного питания также неблагоприятно сказывается на доступности меди. Избыток калия тормозит поступление кальция, магния, железа и ряда микроэле-

ментов. Поэтому дозы фосфорных и калийных удобрений следует дифференцировать в зависимости от их содержания в почве.

Дозы фосфорных и калийных удобрений под сливу и вишню вследствие меньшего размера посадочных ям по сравнению с семечковыми снижают в два раза. В первые годы жизни саженцы плодовых культур в достаточной мере обеспечиваются азотом из почвы и органических удобрений и азотные удобрения не вносят.

Для ягодных кустарников (смородины и крыжовника) в посадочную яму вносят 20–30 г фосфора и 10–15 г калия. Дозы дифференцируют в зависимости от содержания этих элементов в почве.

Для засыпки ям используется только верхний перегнойный слой почвы, почву подпахотных горизонтов разбрасывают в междурядьях. Органические удобрения равномерно перемешивают со всей почвой, используемой для засыпки ямы. Две трети дозы фосфорных и калийных удобрений высыпают на дно ямы и перекапывают, а остальные перемешивают с почвой, которой засыпается нижняя половина ямы. Каждый саженец плодовых культур поливают 20–30 л воды, затем приствольные круги мульчируют торфом, компостом или перегноем.

В промышленных садах чаще используется траншейный способ посадки деревьев. Траншеи нарезаются плантажным плугом глубиной 45–60 см и шириной 40–50 см. На 100 м траншеи для семечковых культур вносят на дерново-подзолистых почвах 0,8–1,2 т органических удобрений, 4–6 кг д. в. фосфора и 2,0–2,5 кг д. в. калия. Органические удобрения, как правило, укладывают перед нарезкой полосой по линии будущей траншеи, а фосфорные и калийные лучше высыпать на дно борозды. После засыпки траншеи бульдозером со специальным приспособлением сажают саженцы и делают лунки для полива.

Под смородину, крыжовник и особенно малину органические удобрения вносятся в борозды, нарезанные плугом. Посадку проводят машиной.

6.15.2. Удобрение молодого и плодоносящего сада

Хорошая предпосадочная заправка удобрениями гарантирует рост деревьев первые два-три года. Если рост замедляется, весной поверхностно под первое рыхление вносят азотные удобрения в дозе 4–5 г азота на 1 м² приствольного круга и заделывают на глубину 10–12 см.

Первые 4–5 лет удобрения в саду вносят в приствольный круг. Затем зону внесения увеличивают, разбрасывая их по проекции кроны. Междурядья в молодом саду можно использовать под картофель, кор-

неплоды и другие культуры. Система удобрения междурядных культур должна быть направлена на повышение плодородия почвы.

Для 4-летнего возраста приствольный круг (диаметр 2,0–2,5 м) примерно в два раза шире кроны, у 4–6-летнего дерева (диаметр 2,5–3,0 м) – в полтора раза. Приствольные круги содержатся под чистым паром, еще лучше мульчировать их торфом или компостом.

Начиная с третьего-четвертого года жизни в молодом саду на почвах повышенного и среднего уровня плодородия в приствольные круги раз в 2–3 года, а на бедных почвах ежегодно вносят навоз или компост из расчета 6–8 кг на 1 м² или 25–30 кг на одно 3–4-летнее дерево и 40–50 кг на одно 7–8-летнее. Можно использовать сухой птичий помет в дозе 100–250 г на 1 м². Дозы удобрений для молодых садов приведены в прил. 35.

Средние дозы азотных и калийных удобрений – 9 г, фосфорных – 6 г д. в. на 1 м². На почвах с низким содержанием подвижных форм фосфора и калия дозы этих удобрений увеличивают в 1,5 раза, а с высоким – уменьшают. Лучшим азотным удобрением является мочеви́на, фосфорсодержащим – аммонизированный суперфосфат, аммофос, из калийных могут применяться хлористый калий и другие формы. Многолетние исследования Украинского НИИ садоводства не подтвердили распространенное в литературе мнение, что плодовые культуры отрицательно реагируют на хлор. По данным этого института, под влиянием хлора повышается морозостойкость деревьев.

Дозы удобрений на одно дерево с учетом возраста определяют следующим образом. Если дереву 6 лет, то диаметр приствольного круга примерно равен 3 м (6:2), а площадь – 7 м². При дозах удобрений на 1 м² приствольного круга вносят 6 кг навоза, по 9 г азота и калия, и 6 г фосфора. Под одно дерево вносят 42 кг навоза, по 54 г азота и калия, и 42 г д. в. фосфора.

Фосфорные и калийные удобрения лучше вносить осенью и заделывать около ствола на глубину 10–15 см и на периферии кроны на 18–20 см. Если удобрения не вносились осенью, можно сделать это весной. Из плодовых культур менее отзывчива на фосфорные удобрения груша, которая лучше других использует фосфор из запасов почвы. Дробное внесение азотных удобрений (две трети весной в фазе интенсивного роста корней и побегов и одна треть в середине лета) повышает их эффективность.

С началом плодоношения увеличивается вынос питательных элементов из сада. Если первые 4–5 лет после посадки саженцев в питании всех плодовых культур преобладает азот, то позднее яблони и груши выносят больше калия, поэтому дозы калия под семечковые увеличивают. В период массового плодоношения междурядные куль-

туры лучше не возделывать. Система содержания почвы в плодоносящем саду может быть паровой, паросидеральной или газонной (дерново-перегнойной). В Беларуси чаще используется паровая система. Средние дозы удобрений для плодоносящих садов при паровой системе содержания почвы приведены в прил. 33. На почвах с низким содержанием фосфора и калия поправочный коэффициент к средней дозе равен 1,3, с повышенным содержанием – 0,75, высоким – 0,5 и очень высоким – 0,25. Фосфорные и калийные удобрения дают высокий эффект при внесении в период покоя (с октября до начала вегетации). Поэтому, если фосфорные и калийные удобрения не были внесены осенью, это надо сделать рано весной. В приствольных кругах удобрения лучше заделывать на глубину 10–15 см, а в междурядьях – до 20 см. Особенно осторожно обрабатывают почву под яблонями на слаброслых подвоях, корневая система которых расположена поверхностно.

Семечковые культуры на почвах, среднеобеспеченных фосфором, умеренно отзываются на фосфорные удобрения, а при высоком содержании калия – очень слабо и на калий. Фосфорные и калийные удобрения можно применять в запас на два-три года. В опытах БГСХА на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах внесение в запас на два года осенью под вспашку 120 кг/га фосфора и 180 кг/га калия давало такой же эффект, как и ежегодное внесение 60 кг фосфора и 90 кг калия. Однако при внесении фосфорных и калийных удобрений в запас важно обеспечить растения магнием, бором и цинком.

Дозы азотных удобрений под семечковые культуры корректируют с учетом погодных условий: в холодный и влажный год их увеличивают на 20–30 %, в сухой и теплый – наполовину снижают. Многочисленные исследования подтверждают, что дозы азота более 120 кг/га себя не оправдывают. Избыток азота во второй половине вегетации может задержать вызревание побегов и снизить морозостойкость деревьев. Наилучшие результаты дает дробное внесение азота: 40 % дозы рано весной, 30 % – после цветения и 30 % – осенью. Очень важно обеспечить плодовое дерево питательными элементами во время второй волны активного роста корней (конец сентября – начало октября), когда накапливаются резервные питательные вещества, от чего зависит морозостойчивость, рост и урожайность растений в следующем году. Удобрения, внесенные осенью, используются деревьями до наступления зимы, а в незамерзающих слоях почвы корни растут и используют питательные элементы и зимой. Поэтому в последнее время рекомендуют вносить примерно 30 % дозы азота осенью после уборки урожая. Дозы азотных, фосфорных, калийных и других удобрений можно корректировать, используя листовую диагностику.

При задернении сада фосфорные и калийные удобрения лучше вносить в запас на два-три года, так как внесенные поверхностно они из-за малой подвижности будут использоваться только травами. При задернении обязательны поливы и азотные подкормки, причем последние должны учитывать потребность многолетних трав.

При паросидеральной системе почву с весны обрабатывают по типу черного пара, а в середине лета на зеленое удобрение высевают однолетние травы (люпин, вико-овсяную смесь, фацелию и др.). Перед севом трав в почву вносят по 50–70 кг/га азота, фосфора и калия (под люпин азотные удобрения не вносят). Заделывают сидераты осенью или весной, внося для ускорения разложения 50–60 кг/га азота. Сидераты рекомендуются высевать раз в три года.

Чтобы увеличить доступность удобрений, их вносят очагами – в скважины, борозды в междурядьях, канавки. В молодых садах борозды (25–30 см) нарезают в 1–1,5 м от штамба, позже – чем старше деревья, тем дальше делается первая борозда; расстояние между бороздами – 0,8–1 м.

В промышленных садах интенсивного типа все шире используется глубокое очаговое внесение растворенных, эмульгированных или суспендированных удобрений гидробуром, шприцами и турбобурами. Этот способ особенно хорош для семечковых культур, выращиваемых на сильнорослых подвоях при задернении сада. Для удобрения одного 15–20-летнего дерева делают около 20 скважин глубиной 40–60 см. В них вносят сухие или растворенные удобрения. Для приготовления растворов пригодны все азотные и калийные удобрения, а из фосфорных – только аммонизированный суперфосфат, аммофос. Можно использовать и комплексные удобрения. Особенно хорош для этой цели кристаллин и другие удобрения, полностью растворимые в воде. Осенью раствор готовят 7–8%-ной концентрации, во время вегетации максимальная концентрация – 3–5 %. Недостаток кальция вызывает камедетечение слив, это устраняется известкованием.

Для оптимизации минерального питания плодовых культур проводят некорневые подкормки макро- и микроэлементами: раствором мочевины; солями кальция против горькой ямчатости; растворами микроэлементов при признаках недостатка последних. Лучшее время опрыскивания растений – утро или вечер, в пасмурную погоду также днем. Обработка раствором мочевины эффективна, когда ожидается очень высокий урожай и закладка цветочных почек из-за нехватки азота находится под угрозой. Опрыскивание проводят спустя 8–10 дней после цветения. Для яблони используют 0,4–0,5%-ный раствор мочевины, для груши вдвое слабее, сливы – 0,6–0,8%-ный и вишни – 0,4–0,8%-ный.

Против горькой ямчатости и бурой гнили плодов яблони и груши сад 6–8 раз обрабатывают 0,5–1%-ным раствором нитрата или хлорида кальция. Первую подкормку проводят сразу после распускания листьев.

При слабом поражении яблони розеточностью из-за недостатка цинка эффективны двух-трехкратные некорневые подкормки 0,3–0,5%-ным раствором сульфата цинка. При очень низком содержании в почве водорастворимого бора (менее 0,1 мг/кг) уменьшается завязывание плодов, появляется опробкование, это можно устранить некорневыми подкормками 0,05%-ным раствором борной кислоты. Расход раствора – 800 л/га.

Некорневые подкормки плодовых культур совмещают с обработкой против вредителей и болезней. При совместном применении нескольких микроэлементов доза каждого уменьшается в два раза.

6.15.3. Удобрение ягодных культур

На хорошо заправленных почвах черная смородина и крыжовник несколько лет не нуждаются в фосфорных и калийных удобрениях, можно ограничиться внесением азотных. Для формирования сильных кустов весной до распускания почек на плодоносящей плантации вносят 60 кг/га азотных удобрений. Средние дозы удобрений на плодоносящих плантациях смородины и крыжовника приведены в прил. 34. Смородина более требовательна к уровню фосфорного питания, крыжовник – калийного. При низкой обеспеченности почвы фосфором и калием средние дозы фосфорных удобрений увеличивают на 25 %, при повышенной – наполовину снижают. В год внесения органических удобрений (их вносят раз в два года) минеральные удобрения не применяют.

Удобрения под смородину и крыжовник можно вносить в борозды. Для этого один раз в три-четыре года почву в междурядьях пахут всвал. В ближайшие к кустам борозды (25–30 см) заделывают навоз и фосфорно-калийные удобрения, закрывая их при пахоте вразвал. Фосфорные и калийные удобрения можно вносить в запас на 2–3 года (под вспашку осенью), азотные – ежегодно, весной – под культивацию. При высоком урожае смородины и крыжовника последние вносят в два срока: рано весной и в фазу зеленой завязи (подкормка). Дозы удобрений под крыжовник и смородину приведены в прил. 38.

Малина очень отзывчива на внесение органических удобрений. Перед закладкой плантации малины осенью после уборки культуры, предшествовавшей черному пару, вносят 150 т/га органических удобрений, 90–120 кг/га фосфорных и 120–150 кг/га калийных. Дозы фос-

ских удобрений лучше использовать полуперепревший навоз, перегной и хорошо вызревший компост в дозе 80–100 т/га. Их заделывают вспашкой не позднее чем за 7–10 дней до посадки. Нельзя использовать свежий навоз, так как он плохо перемешивается с почвой, корни, соприкасаясь с ним, плохо приживаются и растения могут выпадать. Свежий навоз вносят только под предшественник.

Фосфорные и калийные удобрения можно внести в запас на три года вместе с органическими удобрениями, но можно вносить и ежегодно. В первом случае средние дозы фосфора – 100–120 кг/га, калия – 110–120, во втором – по 40–50 кг/га. Дозы удобрений под землянику приведены в прил. 36.

При хорошей заправке почвы органическими и минеральными удобрениями на плантациях первого и второго года жизни удобрения обычно не вносят. Если растения отстают в росте, весной вносят 30–40 кг/га азота, однако при избытке последнего вегетативная масса может развиваться в ущерб плодоношению.

На второй год после сбора ягод проводят подкормку ($N_{30}P_{40}K_{90}$), на третий и последующий годы рано весной вносят 20–40 кг/га азота, а после сбора ягод и скашивания листьев 40 кг/га фосфора и 40–50 кг/га калия.

Исследования показали, что двукратная обработка растений – в начале цветения и во время роста завязей – 0,01–0,02%-ным раствором сернокислого цинка повышает урожайность земляники на 15–20 %. Эффективны также в начале роста подкормки раствором из микроэлементов и мочевины (по 0,02 % перманганата калия, борной кислоты и молибденовокислого аммония и 0,2 % мочевины).

7. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА СЕНОКОСАХ И ПАСТБИЩАХ

Луговые травы характеризуются высокой потребностью в элементах питания, что обусловлено длительным вегетационным периодом и использованием травостоя в ранние фазы развития, когда травы поглощают наибольшее количество азота и калия. По данным Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, из удобрений в год внесения используется 65 % азота, 20 % фосфора и 60 % калия. Полное минеральное удобрение проявляет самый высокий эффект на сенокосах и пастбищах.

На культурных сенокосах и пастбищах окупаемость удобрений урожаем выше, чем на природных кормовых угодьях. На пастбищах оплата удобрений урожаем выше, чем на сенокосах.

Эффективность азотных удобрений зависит от условий увлажнения почвы и ботанического состава травостоя. Наибольшая оплата азотных удобрений урожаем отмечается на лугах со злаковым и злаково-разнотравным травостоем. При содержании в травостое бобовых трав более 20 % эффективность азота уменьшается и возрастает эффективность фосфорных и калийных удобрений, особенно на угодьях с торфяно-болотными почвами.

Азотные удобрения способствуют повышению доли злаковых в травостое и снижают долю бобовых, а фосфорные и калийные удобрения, наоборот, увеличивают долю бобовых в травостое на минеральных почвах.

Следует различать удобрение сенокосов и пастбищ при их коренном улучшении и перезалужении, а также при их ежегодной эксплуатации.

При коренном улучшении и перезалужении лугопастбищных угодий при необходимости вначале проводят культуртехнические мероприятия (удаление кустарников, камней, выравнивание кочек и др.). Затем вносят фосфорные и калийные удобрения в дозе 90–120 кг/га д. в. После этого вносят органические удобрения. Навоз подстилочный, торфо-навозные компосты рекомендуется вносить в дозах 40–50 т/га на суглинистых и 50–60 т/га на супесчаных почвах. Можно использовать жидкий бесподстилочный навоз, увеличивая дозу до 70–80 м³/га. Внесенные фосфорные, калийные и органические удобрения заделывают плугом при вспашке.

Известковые удобрения рекомендуется вносить по вспаханной почве и заделывать культиватором или дисковой бороной. Доза известковых удобрений определяется с учетом значений рН, содержания гумуса, гранулометрического состава и типа почвы (см. табл. 12.6).

Перед посевом покровной культуры, под которую подсеивается травосмесь, следует вносить полное минеральное удобрение в дозах по 40–50 кг д. в. азота, фосфора и калия для нормального роста и развития покровной культуры.

Первые два года участок используется как сенокосное угодье, чтобы сформировалась дернина, устойчивая к вытаптыванию. После этого угодье можно использовать как пастбище.

При сенокосном использовании угодья минеральные удобрения проявляют максимальную эффективность при внесении их под укос. Дозы удобрений при сенокосном использовании луга приведены в прил. 25.

Максимальная доза азота под укос на сенокосах составляет 60–70 кг/га д. в. Азотные удобрения следует вносить весной под каждый укос. Фосфорные и калийные удобрения на сенокосах на связных почвах можно вносить как с осени, так и весной. Фосфорные удобрения обычно применяются в один прием, а калийные удобрения вносятся при средних дозах в один прием, а при высоких – дробно в два приема.

На лугах можно применять любые твердые формы удобрений, имеющиеся в хозяйстве. Из азотных удобрений предпочтение следует отдавать аммиачной селитре (меньше потерь азота в газообразной форме в сравнении с мочевиной).

Дозы минеральных удобрений на пастбищах зависят от типа луга, почвы состава травостоя (прил. 26). При пастбищном использовании луга азотные и калийные удобрения за один прием вносятся дозой не более 60 кг/га д. в. во избежание накопления избытка нитратов и калия в пастбищном корме. Азотные удобрения вносят рано весной и после каждого стравливания, калийные удобрения – весной и после второго стравливания. Фосфорные удобрения можно вносить за один прием всей дозой весной или осенью.

8. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ

В Республике Беларусь более 7 млн. га заболоченных земель. Из них более 3 млн. га торфяники. На долю низинных торфяников приходится 80 % от общей площади.

На торфяно-болотных почвах неуравновешенный почвенный раствор. На единицу азота приходится в 5–10 раз меньше фосфора и в 30–40 раз калия, чем на минеральных почвах.

При окультуривании торфяных почв количество подвижных элементов питания значительно изменяется. Изменения зависят от свойств почвы, особенностей водного режима, уровня применения удобрений.

Основы земледелия на торфяных почвах – использование запасов азота с интенсивным применением калийных и фосфорных удобрений, а также микроудобрений (прежде всего медных и борных).

Около 70 % торфяных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, занято многолетними травами и луговыми угодьями.

От их продуктивности во многом зависит эффективность использования торфяных почв в целом.

Дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры приведены в прил. 27–30.

По данным Института почвоведения и агрохимии НАН РБ, на торфяно-болотных почвах оптимальное соотношение между фосфором и калием для зерновых культур составляет 1:1, а для пропашных культур и многолетних – 1:2.

Следует иметь в виду, что под многолетние злаковые травы применение азотных удобрений является обязательным агроприемом. При оптимальном фосфорном и калийном питании за счет удобрений формируется урожайность до 65–70 ц/га сухого вещества. Окупаемость 1 кг азота удобрений составляет 20–28 кг сухого вещества. В год залужения азотные удобрения не вносятся, в последующие годы применяются дробно под каждый укос или стравливание. Первая весенняя подкормка осуществляется в начале активной вегетации трав после окончания внутрипочвенного стока влаги и под укос или стравливание. Наиболее эффективны для проведения поверхностных подкормок такие формы азотных удобрений, как КАС, аммиачная селитра и сульфат аммония. Эффективность карбамида снижается из-за газообразных потерь азота. При использовании КАС следует иметь в виду, что первая весенняя подкормка может проводиться без разбавления, но летом при температуре выше 16–18 °С необходимо разбавление исходного раствора КАС в соотношении 1:2 или 1:3–4 (при совместном внесении со средствами защиты).

На старопахотных торфяниках под многолетние злаковые травы рекомендуется вносить в зависимости от планируемого урожая 50–90 кг азота (прил. 29).

При наличии бобово-злакового травостоя, в составе которого наряду со злаковыми находятся бобовые травы, подкормки азотными удобрениями проводить не рекомендуется.

Фосфорные удобрения в год посева рассчитываются на планируемую урожайность и вносятся при подготовке почвы. В последующие годы эффективно ежегодное внесение фосфорных удобрений в один прием ранней весной или поздней осенью.

С учетом природной бедности торфяно-болотных почв калием и большого выноса его с урожаем продуктивность многолетних трав и качество травяных кормов во многом зависят от оптимизации калий-

ного питания растений. Под многолетние травы калийные удобрения рекомендуется вносить дробно в 2–3 приема, это обеспечивает более равномерное распределение калийного питания под укос и предотвращает его избыточное накопление в травах. Дозы калийных удобрений для первого укоса вносят весной или осенью. Остальное количество от годовой нормы следует вносить после первого и второго укосов. Доза калия под третий укос должна быть на 15–20 % ниже по сравнению с первым и вторым (прил. 29).

На торфяно-болотных почвах ощущается недостаток меди, особенно ее подвижных форм, поэтому хорошие результаты дает внесение медных удобрений (10–20 % прибавки урожая). Рациональным приемом являются некорневые подкормки медью в дозе 110–120 г сернокислой меди.

Дозы фосфорных и калийных удобрений под зерновые культуры определяются исходя из величин планируемого урожая, обеспеченности почвы этими элементами (прил. 27, 28). Для озимых зерновых культур фосфорные и калийные удобрения вносятся до посева под основную обработку почвы. Для яровых зерновых культур фосфорные и калийные удобрения лучше вносить с осени под предпосевную обработку почвы.

Азотные удобрения под озимые зерновые культуры применяются в дозах 30–60 кг/га д. в. весной в начале активной вегетации и прекращении внутрпочвенного стока при слабом развитии (прил. 23). Для яровых зерновых культур внесение азота, так же как и для озимых, составляет 30–60 кг/га д. в. и осуществляется в один прием под предпосевную культивацию. Продуктивность зерновых культур на торфяно-болотных почвах зависит от обеспеченности медью, которая повышает устойчивость их к заболеваниям, урожайность и качество зерна. Лучший способ применения медных удобрений – некорневые подкормки в фазу конец кущения – начало выхода в трубку в дозе 100 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ на 1 га.

В структуре посевных площадей на торфяно-болотных почвах с мощностью торфяного горизонта более 1 м допускается возделывание пропашных культур (картофель, корнеплоды) до 10 %. Урожаи получаются высокие, однако наблюдается их нестабильность из-за высокой вероятности заморозков в поздне-весенний, а иногда и в летний период.

Принципы применения фосфорных и калийных удобрений под пропашные культуры на торфяно-болотных почвах аналогичны яро-

вым зерновым культурам. При благоприятном фосфорном и калийном питании рекомендуется внесение в основную заправку в зависимости от планируемой урожайности 30–90 кг/га д. в. азотных удобрений.

От недостатка бора на торфяно-болотных почвах чаще всего страдают кормовые корнеплоды. Под эту культуру рекомендуется использование борных удобрений в виде некорневых подкормок или обработка семенного материала при обеспеченности почвы микроэлементами в пределах 1-й и 2-й групп.

При разработке систем удобрения для сельскохозяйственных культур, возделываемых на осушенных торфяно-болотных почвах, где наблюдается сработка торфяного слоя, высокая степень минерализации с понижением содержания органического вещества до 15 % и ниже, следует придерживаться принципов расчета доз удобрения для аналогичных культур, принятых на минеральных почвах.

9. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Овощные культуры предъявляют повышенные требования к почвенному плодородию и дают хорошие урожаи на окультуренных дерново-подзолистых, пойменных и торфяно-болотных почвах низинного типа. Для них используется своя группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора и калия (табл. 9.1).

Таблица 9.1. Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия для овощных культур, мг на 1 кг почвы (по Кирсанов в 0,2 М НСД)

Обеспеченность почвы элементами питания	Дерново-подзолистые		Торфяные	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкая	80–150	80–120	До 200	До 250
Средняя	160–200	130–170	200–400	260–350
Повышенная	210–300	180–250	410–600	360–500
Высокая	Более 300	Более 250	Более 600	Более 500

Содержание гумуса в почве должно составлять не менее 2,5 %. Все овощные культуры выносят много питательных элементов. Коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений овощными культурами приведены в прил. 42.

Разные овощные растения требуют разной концентрации солей в почве. Самые чувствительные к концентрации солей – лук, чеснок, морковь и огурцы, более выносливые – свекла, капуста, томаты.

Под лук и чеснок лучше всего вносить хорошо разложившийся навоз. Столовая свекла, томаты, морковь хорошо реагируют только на минеральные удобрения, а органические удобрения нужно вносить под предшественник.

Большинство овощных культур предпочитает слабокислую или нейтральную реакцию почвы. На кислых почвах могут расти томаты, редька, репа; плохо переносят кислотность капуста, свекла, огурцы, морковь, бобы, сельдерей, лук. Салат, фасоль, шпинат и чеснок хорошо растут только на нейтральных почвах. Почвы с повышенной кислотностью необходимо известковать.

Основное количество органических, фосфорных и калийных удобрений вносят под осеннюю вспашку, а азотные – весной. Дозы удобрений под овощные культуры приведены в прил. 31, 32.

Для мелкосеменных и ранних культур возможно также внесение удобрений при посеве (прил. 33).

При рядковом внесении во избежание отрицательного влияния на растения удобрения должны располагаться в 2–3 см от семян. При механизированной посадке рассады удобрения вносят с водой (концентрация раствора до 0,2 %).

Если в основную заправку внесены не все удобрения, растения подкармливают азотными, а при необходимости и полными удобрениями при междурядной обработке (прил. 33).

Первую подкормку проводят через 30–35 дней после посева (при появлении третьего настоящего листа) или через 10–15 дней после посадки рассады, вторую – в период интенсивного роста. Удобрения вносят культиватором-растениепитателем: при первой подкормке – на расстояние 6–8 см от растений на глубину 5–8 см, при второй – в середину междурядий на глубину 10–12 см. Как правило, подкормки заканчиваются за 20–30 дней до сбора урожая.

10. БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ГУМУСА В ПОЧВЕ

После определения доз удобрений производится расчет баланса элементов питания и гумуса в почве, который дает возможность оценить разработанную систему удобрения и в случае необходимости внести в нее коррективы. Он является научной основой планирования применения удобрений, позволяет целенаправленно регулировать плодородие почвы, защиту окружающей среды от загрязнения

агрохимикатами. Оценка состояния баланса элементов питания в системе почва – растение – удобрение является важной характеристикой эффективности использования удобрений в сельскохозяйственном производстве.

Баланс основных питательных элементов в системе удобрение – почва – растение является математическим выражением круговорота питательных элементов в земледелии и оценивается по разности между их приходом и расходом.

Используются различные виды баланса питательных элементов в земледелии: биологический, хозяйственный, дифференцированный и эффективный.

Биологический баланс дает наиболее полное представление о круговороте питательных веществ. В приходные статьи биологического баланса включаются поступления питательных элементов с органическими и минеральными удобрениями, осадками, семенами, симбиотическая и несимбиотическая азотфиксация, в расходные – содержание питательных элементов в основной и побочной продукции, отчуждаемой с поля, а также в корневых и послеуборочных остатках.

Хозяйственный баланс определяется по валовому поступлению и отчуждению элементов питания. При расчете хозяйственного баланса учитываются все приходные и расходные статьи, в том числе и непроизводительные расходы.

Хозяйственный баланс характеризует не только долю участия удобрений в малом биологическом круговороте, обеспеченность сельскохозяйственных культур элементами питания, но и характер их изменения в почве. Он позволяет количественно прогнозировать тенденции изменения плодородия почв. В то же время хозяйственный баланс не дает полного представления об условиях питания отдельных культур или севооборота в целом, так как растения используют только часть элементов питания из внесенных удобрений.

Дифференцированный баланс. При расчетах этого вида баланса количество минеральных удобрений относится не на всю площадь земель, а только на площадь первоочередного использования, т. е. рассчитывается для почв, недостаточно обеспеченных элементами питания.

Эффективный баланс определяется с учетом возможных коэффициентов использования питательных веществ из удобрений в год их внесения или за ротацию севооборота. Баланс питательных элементов

оценивается показателями дефицита или их избытком, интенсивностью, структурой.

Дефицит или избыток элементов питания представляет разницу между всеми источниками их поступления и расхода и выражается в абсолютных (кг, тонны) или относительных (%) величинах на всю площадь или единицу площади.

Интенсивность баланса – отношение поступления элементов питания к выносу их урожаем. Выражается в виде процентов или коэффициентов. Величина интенсивности баланса менее 100 % характеризует дефицитный баланс, более 100 % – положительный.

Емкость баланса – сумма выноса из почвы и всех статей возмещения питательных элементов. Она характеризует мощность круговорота веществ. Чем больше емкость баланса, тем интенсивнее земледелие в исследуемом регионе, области, хозяйстве.

Структура баланса – характеризует долевые участия отдельных статей прихода и расхода элементов питания. Анализ структуры баланса позволяет оценить источники поступления, затраты на производство единицы продукции.

Для разработанной системы удобрения в севообороте наиболее часто используется хозяйственный и эффективный баланс питательных элементов. Ниже мы приводим методику их расчета.

11. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ХОЗЯЙСТВЕННОГО (ОБЩЕГО) БАЛАНСА ОСНОВНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

Определение баланса питательных элементов является научной основой планирования и прогнозирования применения минеральных удобрений, распределения их между районами и хозяйствами, позволяет целенаправленно регулировать плодородие, предохранять окружающую среду от загрязнения удобрениями. Баланс основных элементов питания отражает степень интенсификации сельскохозяйственного производства.

Баланс элементов питания в системе удобрение – почва – растение оценивается по разности между суммарным их количеством, поступившим в почву и отчуждаемым из нее. Таким образом, баланс питательных элементов в почве состоит из приходной и расходной частей. *В приходную часть баланса входит поступление питательных элементов в почву с удобрениями, семенами, из атмосферы, в том числе азот, продуцируемый клубеньковыми бактериями бобовых культур (симбиоз)*

тический) и свободноживущими бактериями – азотфиксаторами (несимбиотический азот). *Расходная часть баланса* включает хозяйственный вынос *питательных элементов* (с отчуждаемой с поля частью урожая), *потери элементов питания* из почвы и удобрений с поверхностными водами от вымывания, эрозии, испарения и газообразные потери (азота).

В результате сельскохозяйственного использования почвы претерпевают существенные изменения, при этом изменяется интенсивность процессов превращения и миграции элементов питания, потребления и вынос их растениями. Величина потребления и потерь элементов питания зависит от гранулометрического состава и степени окультуренности почвы, характера ее сельскохозяйственного использования, вида, доз и сроков использования удобрений, агротехнических приемов и других условий. Это делает необходимым периодическое уточнение приходных и расходных статей баланса элементов питания. Для объективной характеристики степени обеспеченности планируемых урожаев элементами питания целесообразно иметь балансовые расчеты не менее чем за 5 лет.

Различают несколько видов баланса питательных элементов: *полный* (или биологический, или экологический), *внешнехозяйственный*, *хозяйственный* и *эффективный*.

Полный баланс дает полное представление о кругообороте элементов, так как учитывает все источники поступления питательных элементов в почву (с удобрениями, семенами, из атмосферы и др.) и все статьи расхода элементов питания (вынос с основной и побочной продукцией, отчуждаемой с поля, содержание в корневых и послеуборочных остатках, поверхностный сток, вымывание и газообразные потери).

При *внешнехозяйственном балансе* сопоставляются количество питательных элементов, отчуждаемое с территории хозяйства с товарной продукцией растениеводства и животноводства, и поступление их с минеральными удобрениями, комбикормами, органическими удобрениями, приобретаемыми хозяйством (торф, сапропели, лигнин, торфоновозные компосты и др.). На внешнехозяйственный баланс влияет специализация хозяйства. Так, в хозяйствах, специализирующихся на производстве продукции животноводства и использующих собственные корма, с органическими удобрениями в почву возвращается 80–90 % калия, 60–70 % фосфора и 40–50 % азота, вынесенных с кормами. В хозяйствах зернового направления с территории хозяйства отчуждается 60–80 % азота, 70–85 % фосфора и 15–35 % калия от вынесенных урожаем.

Для характеристики баланса используется показатель *интенсивности баланса* – *отношение поступления элементов питания к их расходу*. Интенсивность баланса выражается в процентах или коэффици-

ентами. Величина интенсивности баланса менее 100 % характеризует дефицитный, 100 % – бездефицитный и более 100 % – положительный баланс. Интенсивность баланса по азоту, фосфору и калию на пашне в Беларуси за 2011–2013 годы была: по азоту – 122,7 %, фосфору – 194,7 %, калию – 166,3 %.

Дефицитный баланс питательных элементов (превышение расхода над поступлением) предупреждает о том, что происходит истощение почв, снижение их плодородия.

Отчуждение из сферы сельскохозяйственного производства азота, фосфора и калия с товарной продукцией растениеводства и животноводства необходимо в полной мере компенсировать внесением минеральных удобрений.

Хозяйственный баланс питательных элементов составляется для оценки системы применения удобрений. Приведем *методику* его расчета, разработанную Институтом почвоведения и агрохимии. *Приходные статьи баланса*: поступление питательных элементов с минеральными удобрениями; с органическими удобрениями; симбиотический азот; с семенами; с атмосферными осадками; несимбиотический азот. *Расходные статьи баланса* элементов питания: вынос планируемыми урожаями; потери от вымывания (выщелачивания); потери от эрозии почв; газообразные потери азота.

Количество *питательных элементов, поступающих с минеральными удобрениями*, определяют по дозам для культур и находят *среднее значение на 1 га севооборотной площади*. Поступление с *органическими удобрениями* находят по *насыщенности севооборота органическими удобрениями*.

Пример 1. Насыщенность органическими удобрениями в севообороте – 16 т/га. С 1 т навоза крупного рогатого скота на соломенной подстилке поступает в почву 5,0 кг азота (табл. 11.1, прил. 43), а с 16 т – 60,0 кг, фосфора – 40,0 кг ($2,5 \cdot 16$), калия – 96,0 кг ($6,0 \cdot 16$).

Для определения количества *биологического азота* используют данные о величинах фиксированного из атмосферы азота, остающегося в почве после бобовых растений. Так, в расчете на 1 ц зеленой массы в почве остается симбиотического азота, сверх усвоенного растениями: после многолетних бобовых трав (кроме люцерны) – 0,35 кг, люцерны – 0,40 кг, после многолетних бобово-злаковых смесей – 0,20 кг, после однолетних бобовых трав – 0,25 кг, после однолетних бобово-злаковых травосмесей – 0,20 кг. Бобово-злаковые травы сенокосов и пастбищ на 1 ц зеленой массы оставляют в почве 0,15 кг азота. На 1 ц зерна люпин в чистом виде фиксирует 5,0 кг, кормовые бобы – 3,0 кг, горох, пелюшка, вика, соя в чистом виде – 2,5 кг, люпин в смеси

с зерновыми культурами – 4,5 кг, горох, пелюшка и вика в смеси с зерновыми культурами – 2,0 кг азота.

Таблица 11.1. Поступление питательных элементов с органическими удобрениями, кг/т

Вид органических удобрений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄ *
Навоз крупного рогатого скота:						
на соломенной подстилке	5,0	2,5	6,0	4,0	1,1	0,2
на торфяной подстилке	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
Компост торфонавозный:						
1:1	5,0	1,6	4,0	3,5	0,6	0,3
1:2	5,5	1,8	4,5	4,0	0,8	0,4
Солома (зерновые)	4,0	1,5	10,0	2,0	1,0	1,5
Навоз:						
крупного рогатого скота жидкий	2,0	1,0	2,5	0,5	0,4	0,1
свиной жидкий	2,5	0,9	1,8	0,6	0,2	0,1
крупного рогатого скота полужидкий	3,5	1,5	4,0	1,3	0,9	0,3
Помет птичий (подстилочный)	20,0	16,5	8,5	18,0	6,0	3,5
Компост торфопометный:						
1:1	10,0	8,0	3,0	9,0	3,0	1,5
1:2	12,5	10,0	4,0	10,0	4,0	2,0

*Приведены расчетные значения.

Пример 2. В севообороте площадью 900 га люпин занимает 100 га, клевер – 100 га. Урожайность зеленой массы люпина – 200 ц/га, клевера (зеленой массы) – 200 ц/га. После люпина в почве остается на 1 га 50 кг азота ($200 \cdot 0,25$), а на 100 га – 5000 кг. После клевера на 1 га остается 70 кг азота, на 100 га – 7000 кг. Сумму остающегося после люпина и клевера азота делят на площадь пашни в севообороте и находят среднее количество симбиотического азота на 1 га: $(5000 \text{ кг} + 7000 \text{ кг}) : 900 = 13,3 \text{ кг}$.

С семенами, по данным Института почвоведения и агрохимии, в среднем поступает 3 кг/га N, 1,3 P₂O₅, 1,5 K₂O, 0,3 CaO, 0,1 MgO, 0,2 кг/га S. С атмосферными осадками поступает 9,4 кг/га N, 0,5 P₂O₅, 10,3 K₂O, 25,3 CaO, 5,0 MgO и 36 кг/га S (SO₄). Поступление азота, фиксированного свободноживущими бактериями, при расчете баланса на пахотных и лугопастбищных угодьях принимается на уровне 15 кг/га в год.

При расчете расходных статей баланса вначале определяют вынос питательных элементов планируемыми урожаями, используя данные прил. 6, затем определяют значения выноса основных питательных

элементов в среднем на 1 га севооборотной площади. Потери элементов питания от вымывания (выщелачивания) и от эрозии почв приведены в табл. 11.2, прил. 44, 45.

Газообразные *потери азота* на пахотных и лугопастбищных угодьях колеблются в пределах от 10 до 50 % от внесенного с удобрениями. В атмосферу выделяются молекулярный азот, закись, окись и двуокись азота, аммиак. По данным Института почвоведения и агрохимии, в Беларуси в среднем улетучивается 25 % азота, внесенного с минеральными и органическими удобрениями. По каждому элементу рассчитывается средневзвешенный показатель потерь с учетом количества эродированных почв в хозяйстве.

Таблица 11.2. Потери элементов питания от вымывания и эрозии на пахотных почвах, кг/га

Почвы	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Потери от вымывания						
Дерново-подзолистые: суглинистые	16	0,2	11	64	13	24
супесчаные, подстилаемые мореной	18	0,1	20	65	14	25
супесчаные, подстилаемые песками	20	0,1	26	69	15	26
песчаные	39	0,1	33	78	25	34
Торфяные	39	0,1	10	122	17	37
Потери от эрозии						
Степень эродированности почвы:						
слабая	5	2	3	5	2	0,05
средняя	10	4	6	10	5	0,10
сильная	15	7	10	17	8	0,15
очень сильная	20	10	15	25	12	0,20

Пример 3. Из 2850 га пашни хозяйства 201 га – слабоэродированные почвы, 105 га – средне- и 98 га – сильноэродированные почвы. Средневзвешенный показатель потерь азота от эрозии в расчете на 1 га пашни будет равен $(5 \cdot 201 + 10 \cdot 105 + 15 \cdot 98) : 2850 = 1,2$ кг/га. На сенокосах и пастбищах потери элементов питания от вымывания и эрозии не учитываются. Сумма по статьям расхода показывает расход элементов питания в среднем на 1 га севооборотной площади.

Сопоставив приход с расходом, находят общий баланс и его интенсивность. Например, приход по азоту на 1 га равен 115 кг, а расход – 90 кг, т. е. общий баланс будет +25 кг/га $(115-90)$, а интенсивность баланса составит 127 % $[(115 : 90) \cdot 100]$.

Общий баланс основных питательных элементов (азот, фосфор, калий) принято считать удовлетворительным, когда его интенсивность

приблизительно равна: по азоту – 110–120 %, по фосфору – 130–150 %, по калию – 120–150 %. По данным Института почвоведения и агрохимии, такие значения интенсивности баланса в производственных условиях обеспечивают продуктивность пашни на уровне 50–60 ц/га к. ед.

Оптимальные значения интенсивности баланса азота в зависимости от продуктивности пашни приведены в табл. 11.3.

Таблица 11.3. **Оптимальная интенсивность баланса азота в зависимости от продуктивности, %**

Продуктивность, ц/га к. ед.	Почвы	
	суглинистые и супесчаные, подстилаемые мореной	супесчаные и песчаные, подстилаемые песками
	Интенсивность баланса азота, %	
Более 60	130–140	–
51–60	120–130	–
41–50	110–120	120–130
20–40	100–110	100–110

По результатам длительных стационарных полевых опытов Институт агрохимии и почвоведения рекомендует оптимальные параметры интенсивности баланса фосфора и калия в зависимости от содержания их в почвах (табл. 11.4, прил. 46, 47). По данным Института почвоведения и агрохимии и других научных учреждений, фосфор из почвы практически не вымывается и не загрязняет грунтовые воды. Поэтому при расчетах баланса потери фосфатов не учитываются.

Таблица 11.4. **Оптимальная интенсивность баланса в зависимости от обеспеченности почв фосфором и калием**

P ₂ O ₅		K ₂ O	
Содержание в почве, мг/кг	Интенсивность баланса, %	Содержание в почве, мг/кг	Интенсивность баланса, %
100	150–180	80	180–200
101–150	130–150	81–140	150–180
151–200	100–120	141–200	120–150
201–300	50–70	201–300	80–100
301–400	40–50	300	50–60

Наряду с общим рассчитывается и *эффективный баланс*, который характеризует отношение между выносом растениями элементов питания и возможным их усвоением из поступивших в почву. Применяв коэффициенты использования питательных элементов из удобрений,

находят величины возможного их усвоения. Сопоставив величины возможного усвоения питательных элементов с выносом урожаем, получим характеристику эффективного баланса.

Пример 4. На 1 га севооборотной площади внесено 60 кг азота с минеральными удобрениями, из них усвоится 60 %, т. е. 36 кг. С органическими удобрениями поступит 80 кг азота. В первый год будет усвоено 25 % органического азота, или 20 кг ($80 \cdot 0,25$), вместе с минеральными формами – 56 кг ($36 + 20$). Растения на создание урожая используют 95 кг азота. Эффективный баланс характеризуется минусовым значением: $56 - 95 = -39$ кг/га. Интенсивность эффективного баланса по азоту будет равна 60 % ($61,5 : 101 \cdot 100$) (прил. 40).

Рассмотрим расчет эффективного баланса по фосфору и калию. Приход с минеральными удобрениями составил по фосфору 45 кг, по калию – 90 кг. Процент усвоения данных элементов из минеральных удобрений составляет 20 % и 60 % соответственно. Следовательно, будет усвоено 9 кг фосфора и 54 кг калия. Поступление P_2O_5 и K_2O с органическими удобрениями при их насыщенности в севообороте 16 т/га составляет 40 кг и 96 кг соответственно. Процент усвоения данных элементов питания из органических удобрений (например, подстилочного навоза) составляет 30 % и 65 % соответственно. Следовательно, будет усвоено из органических удобрений P_2O_5 ($40 \cdot 0,3 = 12$ кг) и K_2O ($96 \cdot 0,65 = 62$ кг). Всего растениями из удобрений будет усвоено $9 + 12 = 21$ кг фосфора и $54 + 62 = 116$ кг калия. Для формирования урожая растения используют 49 кг фосфора и 133 кг калия. Эффективный баланс будет минусовой и составит по фосфору $21 - 49 = -28$ кг, по калию – $116 - 133 = -17$ кг.

Для оценки системы применения удобрений по эффективному балансу проводится расчет возможного усвоения азота, фосфора и калия из почвенных запасов. Систему применения удобрений можно считать разработанной правильно в том случае, если дефицит элементов питания по эффективному балансу будет компенсироваться за счет возможного усвоения из почвы.

Пример 5. Для определения возможного усвоения элементов питания из почвенных запасов предварительно рассчитывают средневзвешенные значения содержания в почве гумуса, фосфора и калия по севообороту. Пусть в почве содержится 2 % гумуса и по 200 мг/кг почвы фосфора и калия. По данным Института почвоведения и агрохимии, растения могут усвоить из запасов почвы по 20–25 кг азота на каждый

процент гумуса в почве. В нашем примере это составит 40–50 кг/га азота. Фосфор растения усваивают на уровне 6–8 % от запасов подвижных форм в почве, калий – 10–15 % (прил. 40, 41). Запасы в почве определяют умножением средневзвешенных значений их содержания на коэффициент 3. В нашем примере запасы фосфора и калия будут равны 600 кг/га ($200 \cdot 3$) каждого элемента. Таким образом, усвоится 36–48 кг/га фосфора ($300 \cdot 0,06-0,08$) и 60–90 кг/га калия ($600 \cdot 0,1-0,15$). Если принять эффективный баланс предыдущего примера 39 кг азота, т. е. из почвы может быть усвоено 40–50 кг азота, то планируемые величины урожаев будут обеспечены питательными элементами, и систему удобрений можно считать разработанной правильно. Аналогично проводят анализ по фосфору и калию. Согласно примеру эффективный баланс по фосфору и калию минусовой и составил соответственно 28 кг и 17 кг, а возможное усвоение этих элементов питания из почвы – 36–48 кг и 60–90 кг.

При оценке системы применения удобрений по балансу питательных элементов прогнозируется изменение содержания в почве за ротацию севооборота подвижных форм фосфора и обменного калия. Поступление фосфора и калия за ротацию севооборота сверх расхода делят на норматив (табл. 11.5, 11.6, прил. 48, 49) и определяют увеличение их содержания в почве. Результат суммируют с исходным содержанием и получают прогноз.

Таблица 11.5. Нормативы затрат фосфорных удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания подвижного фосфора на 10 мг/кг почвы, кг/га P_2O_5

Гранулометрический состав	pH_{KCl}	Исходное содержание P_2O_5 , мг/кг почвы			
		Менее 60	61–100	101–150	151–250
Суглинистые	4,5–5,0	75	69	65	69
	5,1–5,5	70	63	57	58
	5,6–6,0	65	56	49	47
Супесчаные	4,5–5,0	70	64	60	64
	5,1–5,5	65	58	52	52
	5,6–6,0	60	51	44	42
Песчаные	4,5–5,0	65	59	55	59
	5,1–5,5	60	53	47	48
Торфяные	В среднем	–	18	–	–

Таблица 11.6. **Нормативы затрат калийных удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания подвижного калия на 10 мг/кг почвы, кг/га K₂O**

Гранулометрический состав	Интенсивность баланса, %	Исходное содержание K ₂ O, мг/кг почвы		
		Менее 80	81–140	141–200
Суглинистые	130	30	42	55
	170	40	52	65
	210	50	62	75
Супесчаные	130	47	58	72
	170	57	68	82
	210	67	78	92
Песчаные	130	58	70	83
	170	68	80	93
	210	78	90	103
Торфяные	130	В среднем	13	

Пример 6. Допустим, что ежегодно сверх выносимого урожаем в почве остается 25 кг/га P₂O₅, т. е. за ротацию девятипольного севооборота поступит 585 кг/га P₂O₅ ($25 \cdot 9 = 225$ кг/га). Разделив это число на норматив затрат фосфорных удобрений для увеличения содержания P₂O₅ на 10 мг/кг (почва суглинистая, рН_{KCL} – 5,7, P₂O₅ – 155 мг/кг), который согласно табл. 11.5 составляет 47 мг/кг, получим величину, на которую возрастет содержание фосфора в почве ($(225 \cdot 10) : 47 = 48$ мг/кг). Прогнозируемое содержание фосфора в почве составит $155 + 48 = 203$ мг/кг.

Аналогично находим прогнозируемое содержание калия, учитывая интенсивность общего баланса. Например, остается для повышения плодородия почвы 30 кг/га K₂O, севооборот 9-польный, почва дерново-подзолистая суглинистая, интенсивность баланса 130 %, содержание K₂O в почве 185 мг/кг. Согласно табл. 10.6 нормативы затрат калийных удобрений сверх выноса с урожаем для увеличения содержания подвижного калия на 10 мг/кг почвы составляют 55 кг/га. Прогнозируемое содержание составит $(30 \cdot 9 \cdot 10) : 55 + 185 = 234$ мг/кг.

Расчет баланса кальция, магния и серы. В приходной части баланса учитывается поступление этих элементов с известковыми, органическими и минеральными удобрениями, а также с осадками и семенами, в расходной части – вынос урожаем и потери от фильтрации и эрозии. Поступление кальция и магния с известковыми удобрениями рассчитывают по количеству известковых удобрений на 1 га. Например, в среднем на 1 га севооборотной площади будет ежегодно вноситься 1,1 т доломитовой муки (план известкования), или 1,045 т CaCO₃ (содержа-

ние CaCO_3 – 95 %). Из табл. 11.7, прил. 51 находим количество CaO и MgO на 1 га, вносимое с известковыми удобрениями. С 1045 кг CaCO_3 поступает 313,5 кг CaO ($30 \cdot 10,45$) и 209 кг MgO ($20 \cdot 10,45$).

По количеству действующего вещества минеральных удобрений определяют поступление CaO , MgO и S в почву. Например, на 1 га планируется внести 300 кг сульфата аммония. С этим количеством поступает 72 кг S ($300 \cdot 24 : 100$).

Таблица 11.7. Содержание кальция, магния и серы в минеральных и известковых удобрениях в расчете на 100 кг д. в. (N , P_2O_5 , K_2O , CaCO_3), кг

Удобрения	CaO	MgO	S
Простой суперфосфат	117	–	13
Двойной суперфосфат	31	–	–
Сульфат аммония	–	–	24,2
Сульфат калия	–	–	33
Молотый известняк	56	–	–
Молотый доломит	30	20	–
Молотый доломитизированный известняк	50	5,0	–
Мел	56	–	–
Гашеная известь	56	–	–
Доломитовая мука	30	20	–
Дефекат	56	–	–
Цементная пыль	58	1,0	1,0
Сланцевая зола	58	5	–
Фосфогипс (40%-ной влажности, на 100 кг физической массы)	23	–	17,7–20,6
Сульфат калия			18,0
Сульфат магния			18,6
Сульфат натрия			22,6

Поступление кальция, магния и серы с органическими удобрениями рассчитывают с учетом насыщенности почвы последними и поступление этих элементов с удобрениями (см. табл. 11.1). Например, при насыщенности органическими удобрениями в севообороте 12 т/га в почву поступит 48 кг/га CaO ($4 \cdot 12$), 13,2 кг/га MgO ($1,1 \cdot 12$) и около 2,4 кг/га SO_4 ($0,2 \cdot 12$). С атмосферными осадками в почву поступает 25,3 кг/га CaO , 3,6 кг/га MgO , 3,6 кг/га S , с семенами – соответственно 0,3; 0,1 и 0,2 кг/га. Суммируя результаты по статьям приходной части баланса, получим поступление кальция, магния и серы на 1 га севооборотной площади.

Вынос урожаям кальция, магния и серы рассчитывают аналогично тому, как это делается для азота, фосфора и кальция. Используя дан-

ные, приведенные в прил. 50, 62, рассчитывают показатели выноса по каждой культуре и вычисляют средние значения на 1 га. Потери от вымывания и эрозии находят по табл. 11.2.

При известковании потери кальция за счет вымывания возрастают, особенно на легких почвах. По данным Института почвоведения и агрохимии, на почвах с pH_{KCl} более 6 потери кальция возрастают в среднем на 40 % по сравнению со средними данными на почвах без известкования. На кислых почвах (pH менее 5) вымывание кальция примерно на 20 % ниже. Поэтому при расчете баланса кальция средний нормативный показатель потерь (см. табл. 11.2) на почвах с pH более 6 следует умножить на 1,4, а на почвах с pH менее 5 – на 0,8.

Влияние известкования на вымывание магния неоднозначно, так как в одних случаях катионы кальция ускоряют его вымывание из почвы, что обусловлено вытеснением магния из поглощающего комплекса, а в других – могут уменьшить вымывание магния, нейтрализуя кислотность почвы, которая способствует потерям магния за счет вымывания. В связи с этим при расчетах баланса магния используют нормативы потерь от вымывания, приведенные в табл. 11.2. Определяют расход на 1 га.

Сопоставив показатели по приходу и расходу, находят значения баланса и его интенсивность.

Роль гумуса в формировании почвенного плодородия

Гумус – это сложный, динамичный комплекс органических соединений, образующийся в почве в результате процессов гумификации. В минеральных почвах на его долю приходится 85–90 % всего отмершего органического вещества. Остальная часть представлена свежими остатками растительного и животного происхождения, которая в дальнейшем также подвергается разложению. В торфяно-болотных почвах из-за недостатка кислорода процессы гумификации и минерализации замедляются. Поэтому в этих почвах практически все органическое вещество состоит из не полностью разложившихся растительных остатков – торфа.

Роль гумуса в формировании свойств почвы велика и многообразна. В нем, как и в любом органическом веществе, накоплено и в химической форме сохраняется огромное количество энергии. При средней теплотворной способности гумуса около 4 000 калорий/г общий запас энергии, аккумулированной на 1 га почвы, сопоставим с 50 000, а на

черноземах даже с 250 000 л бензина. В целом в гумусе почвенного покрова Земли сосредоточено столько же солнечной энергии, сколько и во всей надземной массе растений, а ее общее количество на земном шаре достигает $5,33 \cdot 10^{19}$ КДж. Количество же энергии, аккумулированной в гумусе пахотных горизонтов различных почв, колеблется от $6 \cdot 10^8$ до $40 \cdot 10^8$ КДж/га. Эта энергия играет чрезвычайно важную роль в процессах превращения в почве минеральных соединений, в биосинтетических реакциях, в жизнедеятельности микроорганизмов, в развитии растений и т. д.

В гумусе накоплены не только огромные запасы энергии, но и содержится большое количество элементов питания, необходимых для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и растений. В нем аккумулирован почти весь азот почвы (до 99 %). Именно поэтому, чем больше запасы гумуса в почве, тем больше в ней и азота. Например, у подзолистых почв, отличающихся низким содержанием гумуса, запасы этого элемента составляют 6 т/га, в то время как в метровом слое черноземов они достигают 35 т/га.

Органически связанные соединения азота принимают активное участие в питании растений. Даже на фоне внесения азотного удобрения растения около половины своих потребностей в азоте удовлетворяют за счет его органических соединений, которые в результате минерализации трансформируются в доступную для них форму. При этом образуются и нитраты, которых всегда больше у почв с большим содержанием гумуса.

В органическом веществе почвы аккумулировано большое количество фосфора. Доля органически связанных фосфатов в зависимости от типа почвы может колебаться от 20 до 70 % от валового содержания фосфора. И чем больше содержится в почве гумуса, тем выше значение данного показателя.

На высокогумусных почвах растения более эффективно используют элементы питания и из минеральных удобрений. Это объясняется в первую очередь большой ролью гумусовых веществ в формировании многих свойств почвы. Например, гумус является одним из главных факторов, благоприятно влияющих на водные и воздушные свойства почвы.

Органическое вещество обладает по сравнению минеральным гораздо большей водоудерживающей способностью. Поэтому почвы с высоким содержанием гумуса имеют, как правило, более благоприятный водный режим, более высокую гигроскопичность и влагоемкость, выделяются лучшими запасами продуктивной влаги.

Все это особенно актуально для легких почв, отличающихся повышенной водопроницаемостью и низкой водоудерживающей способностью. Применяя на этих почвах высокие дозы органических удобрений, можно существенно повысить их гумусированность, а соответственно, и запасы влаги в пахотном горизонте.

Органическая часть почвы при увлажнении сильно набухает. Однако из-за хорошего структурного состояния почв с высоким содержанием гумуса растения на них в период обильных осадков не страдают от недостатка воздуха. Тем не менее в условиях засухи многогумусные почвы претерпевают сильную усадку. При этом могут образовываться трещины, разрывающие корневую систему растений и увеличивающие испарение воды из почвы.

По мере увеличения содержания гумуса возрастает удельная поверхность почвы, снижается плотность твердой фазы, уменьшается плотность сложения почвы, становится меньше равновесная плотность. Все это очень важно учитывать при подборе участков для минимальной обработки почвы. Есть все основания предполагать, что при высоком содержании гумуса в пахотном горизонте значения его равновесной плотности не будут превышать оптимальные показатели. В этом направлении необходимы дополнительные исследования, особенно на почвах различного гранулометрического состава.

Гумусовые вещества являются одним из факторов, благодаря которому обособленные минеральные частицы связываются в пористые рассыпчатые комочки, устойчивые против размывающего действия воды. Это в значительной степени повышает способность почвы поглощать и задерживать влагу, а также оказывает решающее воздействие на ее воздухопроницаемость.

От содержания гумуса в почве зависит количество водопрочных агрегатов. Благодаря хорошей структуре почвы с высоким содержанием органического вещества отличаются лучшей пористостью, имеют больший объем пор, занятых воздухом, и соответственно, более высокую водопроницаемость.

Почвы с высоким содержанием органического вещества легче обрабатываются.

Довольно велика роль гумуса в формировании теплового режима почв. Почвы с его высоким содержанием имеют более темный, иногда даже черный цвет. Они значительно меньше, чем малогумусные, отражают солнечную энергию и поэтому прогреваются до более высокой температуры.

Многие свойства почвы зависят от химических особенностей гумуса. Установлено, что в результате гумификации в молекулах гумусовых веществ появляются группировки, которые обладают свойствами слабых кислот. Эти группы способны диссоциировать, высвобождая как катионы водорода, так и отрицательно заряженные ионы (анионы). Последние, взаимодействуя ионами металлов, образуют так называемые комплексы, многие из которых имеют высокую прочность. Видимо, поэтому в почвах с высоким содержанием гуминовых кислот количество ионов металлов, удерживаемых в комплексах, превышает их концентрацию в почвенном растворе, что в конечном итоге снижает их накопление в растениях.

Все это говорит о том, что гуминовые кислоты являются эффективным геохимическим барьером, с помощью которого ограничивается подвижность ионов металлов в почве. Именно поэтому в почвах, богатых гумусом, меньше проявляется токсичное действие загрязняющих веществ, значительно ослабляются негативные последствия химического загрязнения. В конечном итоге гумус обеспечивает частичную защиту человека от пестицидов и тяжелых металлов и даже радионуклидов.

Большинство фульватных комплексов растворяются в воде. При промывании почв атмосферными осадками они выносятся в реки. Из-за чего в природных водах их содержание может в несколько раз превышать концентрацию микрокомпонентов и приближаться к концентрации таких неорганических макрокомпонентов, как ионы калия, натрия, магния, кальция, и др.

Благодаря растворимости фульватных комплексов в воде подзолистые и дерново-подзолистые почвы таежно-лесной зоны отличаются повышенной миграцией многих химических элементов, что в первую очередь находит свое выражение в формировании их эллювиально-иллювиального профиля.

Гумусированность почвы существенно влияет и на накопление в ней микроэлементов. С увеличением содержания в почве гумуса растет в ней валовое содержание меди, молибдена и цинка.

В почве органическое вещество выступает в качестве сорбента и отличается высокой сорбционной способностью. Оно поглощает практически все тяжелые металлы и гербициды. Именно поэтому растениеводческая продукция, полученная на почвах с высоким содержанием гумуса, с экологической точки зрения является более чистой. К сожалению, сорбционные возможности органического вещества ограничены и снижаются по мере увеличения антропогенной нагрузки.

Гуматы тяжелых металлов очень устойчивы к гидролизу и поэтому тяжелые металлы, входящие в их состав, растениями практически не усваиваются. Связывание тяжелых металлов в почве и предохранение всего живого на Земле от их токсического воздействия, в том числе от тяжелых радионуклидов, является главным экологическим свойством гумуса. Это защитное свойство столь же важно для всего живого, как и защитное свойство озонового слоя вокруг Земли.

Чем больше накапливается в почве гумуса, тем больше его аккумулируется органоминеральным комплексом и тем интенсивнее протекают в почве различные сорбционные процессы. Так, например, еще основоположник коллоидной химии почв К. К. Гедройц указывал, что физико-химическая поглотительная способность почвы гораздо больше зависит от особенностей гелеобразных гумусовых пленок, покрывающих глинистые минералы, чем от структуры самих минералов.

От содержания органического вещества в значительной степени зависит количество микроорганизмов в почве. При определенных условиях их суммарное число в 1 г почвы может достигать 3 миллиардов, а их общая масса в пахотном горизонте – 1,5 кг/м². В результате жизнедеятельности этих организмов происходит трансформация органического вещества. Микроорганизмы выделяют во внешнюю среду различные кислоты, ферменты, полисахариды, фенольные соединения. Эти вещества взаимодействуют с почвой: одни элементы переводят в более доступные для растений формы, вовлекая их тем самым в биологический круговорот веществ, а другие – выводят из него, закрепляя в недоступной для растений форме. При этом в почве под влиянием микроорганизмов накапливается большое количество биологически активных веществ. Некоторые микроорганизмы способны усваивать азот атмосферы и оставлять после своего отмирания его связанные соединения.

Какое бы свойство почвы мы не взяли, оно в той или иной степени будет зависеть от содержания гумуса. Именно поэтому между содержанием в почве гумуса и урожайностью сельскохозяйственных растений выявлена положительная зависимость.

Существует оптимальный уровень содержания гумуса в почве, при котором обеспечивается наиболее высокая урожайность сельскохозяйственных культур и наибольшая эффективность удобрений. По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» для дерново-подзолистых почв оптимальное содержание гумуса находится в пределах от 2,0 до 3,2 % и во многом определяется их гранулометрическим составом (табл. 11.8).

К сожалению, начиная с 2001 г. гумусированность пахотных горизонтов дерново-подзолистых почв не растет, а в отдельных хозяйствах постепенно снижается. В последние годы средневзвешенное значение содержания в почве гумуса приблизилось к 2,23 %. Это снижение пока незначительное и обусловлено в первую очередь сокращением объемов применения органических удобрений, а также уменьшением доли многолетних трав в структуре севооборотов.

Таблица 11.8. **Интервалы оптимального содержания гумуса для дерново-подзолистых почв**

Гранулометрический состав почвы	Оптимальное содержание гумуса, %
Дерново-подзолистые почвы:	
песчаные	2,0–2,4
рыхлосупесчаные	2,2–2,6
связносупесчаные	2,4–2,8
легко- и среднесуглинистые	2,6–3,0
тяжелосуглинистые и глинистые	2,8–3,2
Минеральные почвы сенокосов и пастбищ	3,5–4,0

Уменьшение запасов гумуса в почве говорит о несбалансированности интенсификации растениеводства, что может привести к деградации почвенного плодородия, значительному снижению урожайности возделываемых культур. Чтобы избежать деградации почв, дозы органических удобрений должны быть сбалансированы и обеспечивать бездефицитный, а на почвах с низким содержанием гумуса – положительный баланс.

Определение баланса гумуса

Баланс гумуса – это соотношение между количеством гумуса, которое ежегодно образуется в почве в результате гумификации органических остатков, и его количеством, которое теряется в результате минерализации, вымывания и эрозии. Иными словами, это математическое выражение круговорота гумусовых веществ в земледелии.

Приходная статья баланса гумуса определяется количеством свежего органического вещества, остающегося в почве после уборки сельскохозяйственных культур, а также уровнем применения органических удобрений.

Расходная статья баланса гумуса зависит:

- от особенностей возделываемой культуры – под пропашными культурами минерализация гумуса идет значительно интенсивнее, чем под культурами сплошного сева;

- гранулометрического состава почвы – чем легче по грансоставу почва, тем минерализация гумуса идет более интенсивно;

- содержания и запасов гумуса в почве – чем больше в пахотном горизонте содержится гумуса, тем больше его потери;

- биологической активности почвы – с увеличением биологической активности почвы возрастает интенсивность минерализации гумуса.

Если приходная статья баланса гумуса больше, чем его расходная часть, то баланс считается положительным. В этом случае происходит увеличение содержания гумуса в почве. Если больше расходная статья, то баланс отрицательный. Постоянный отрицательный баланс ведет к снижению запасов гумуса в почве, а соответственно, к деградации почвенного плодородия.

На почвах с содержанием гумуса меньше оптимального значения необходимо стремиться, чтобы его баланс был положительным. Этого можно добиться внесением дополнительных доз органических удобрений, а также увеличением в структуре севооборотов доли многолетних трав.

При оптимальном содержании в почве гумуса или более высоком его значении дозы органических удобрений должны обеспечивать бездефицитный баланс.

Определение баланса гумуса по его фактическому содержанию в почве. Этот метод является наиболее точным. При расчете баланса гумуса данным методом рассчитываются и сопоставляются фактические запасы гумуса в пахотном горизонте почвы в начале и в конце определенного периода (например, в начале и в конце ротации севооборота). Для этого используется формула

$$B_r(\pm) = (G_2 - G_1) \cdot h \cdot d_v,$$

где $B_r(\pm)$ – баланс гумуса, т/га;

G_2 и G_1 – содержание гумуса в почве в начале и в конце ротации севооборота, %;

h – мощность пахотного горизонта, см;

d_v – плотность сложения почвы, г/см³.

Определение баланса гумуса расчетным методом. В основу этого метода положено сопоставление приходной и расходной статей баланса гумуса:

$$B_r(\pm) = П - P,$$

где $B_r(\pm)$ – баланс гумуса, кг/га;

$П$ – приходная статья баланса гумуса, кг/га;

P – расходная статья баланса гумуса, кг/га.

Расходная статья баланса гумуса определяется количеством минерализовавшегося гумуса, а также количеством гумусовых веществ, которое выносится за пределы пахотного горизонта в результате нисходящего тока воды и эрозионных процессов:

$$P = P_{\text{мин}} + P_{\text{выщ}} + P_{\text{эр}},$$

где $P_{\text{мин}}$ – количество минерализовавшегося гумуса, кг/га;

$P_{\text{выщ}}$ – количество гумуса, потерянного за счет нисходящего тока воды, кг/га;

$P_{\text{эр}}$ – количество гумуса, потерянного за счет эрозионных процессов, кг/га.

Приходная статья баланса гумуса представлена количеством гумуса, которое образуется:

- из растительных остатков сельскохозяйственных культур;
- органических удобрений;
- отмерших семян и посадочного материала;
- почвенной фауны.

В связи с тем, что количество органического вещества, ежегодно поступающего в почву за счет семян и посадочного материала, а также за счет почвенной фауны, практически полностью возмещает потери органического вещества, обусловленные выщелачиванием и эрозионными процессами, их при расчетах баланса гумуса в почве игнорируют. В этом случае определение баланса гумуса в почве проводится по формуле

$$B_r(\pm) = П_{\text{р. о}} + П_{\text{орг. уд}} - P_{\text{мин}},$$

где $B_r(\pm)$ – баланс гумуса, кг/га;

$П_{\text{р. о}}$ – количество гумуса, образовавшегося за счет гумификации растительных остатков, кг/га;

$П_{\text{орг. уд}}$ – количество гумуса, образовавшегося за счет гумификации органических удобрений, кг/га;

$P_{\text{мин}}$ – количество минерализовавшегося гумуса, кг/га.

Определение количества минерализовавшегося гумуса основано на расчете баланса азота в почве. Объясняется это в первую очередь тем, что основная часть азота почвы (98 % и более) сосредоточена в органическом веществе. При этом азотное питание растений происходит в основном за счет его минерализации. Даже при полном обеспечении растений минеральным азотом значительная часть их урожая формируется за счет азота почвы. Принято считать, что при внесении как невысоких доз минеральных удобрений, так и более высоких доз (равных или превышающих его вынос с урожаем основной и побочной продукцией) 50 % вынесенного растениями азота имеет почвенное происхождение.

Если применяются минеральные удобрения совместно с органическими удобрениями, то на долю азота урожая, поступившего из туков, приходится 50 %, из органических удобрений и из почвы соответственно по 25 %.

При возделывании бобовых и зернобобовых культур в чистом виде или в смеси со злаковыми растениями часть азота, накопленного в урожае, благодаря фиксации клубеньковыми бактериями усваивается из атмосферы.

Считается, что удовлетворение потребности в азоте многолетних бобовых трав за счет азота атмосферы составляет 70 %, зернобобовых культур – 50 %, однолетних бобово-злаковых смесей – 35 % от общего выноса.

Для определения выноса азота из почвы бобовыми культурами используется формула

$$N = N_{\text{общ}} - (N_{\text{общ}} \cdot K_{\text{ф}}),$$

где N – вынос азота из почвы бобовой культурой, кг/га;

$N_{\text{общ}}$ – общее количество азота, выносимое бобовой культурой с урожаем основной и побочной продукции, кг/га;

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент азотофиксация (отношение количества фиксированного из атмосферы азота к его общему количеству, выносимому с урожаем).

Коэффициенты азотофиксация наиболее распространенных бобовых культур представлены в табл. 11.9. Их значение зависит от биологических особенностей бобовой культуры, а также от ее урожайности. Чем выше урожайность возделываемой бобовой культуры, тем больше коэффициент азотофиксация.

Таблица 11.9. Коэффициенты азотофиксация некоторых бобовых культур
(Е. П. Трепачев, 1979)

Культуры	Коэффициенты азотофиксация		
	минимум	максимум	в среднем
Клевер 2-го года (сено)	0,65	0,85	0,75
Люцерна 2–3-го года (сено)	0,60	0,85	0,72
Эспарцет (сено)	0,60	0,75	0,67
Однолетние бобовые на сено и зеленую массу	0,50	0,70	0,60
Зернобобовые на зерно (кроме люпина)	0,40	0,65	0,55
Люпин и сераделла на корм и сено	0,70	0,90	0,80
Люпин на зерно	0,70	0,87	0,80
Бобово-злаковые смеси	0,30	0,40	0,35

Многочисленными исследованиями установлено, что в гумусе в среднем содержится 5 % азота. Именно поэтому считается, что вынос с урожаем 50 кг азота сопровождается потерей из почвы 1 т гумуса.

В связи с тем, что темпы минерализации гумуса зависят от особенностей возделываемых растений, для разных групп сельскохозяйственных культур введены поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса:

- для многолетних трав – 0,2;
- зернобобовых – 0,5;
- зерновых и других однолетних культур сплошного сева – 0,6;
- пропашных – 0,8;
- в среднем – 0,6.

Кроме того, введены поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы:

- для суглинистых почв – 1,0;
- супесчаных – 1,4;
- песчаных – 1,8.

Если баланс гумуса рассчитывается под отдельной культурой, возделываемой на разных по гранулометрическому составу почвах, или за ротацию севооборота, культуры которого также размещаются на почвах разного гранулометрического состава, то в расчетах необходимо использовать средневзвешенное значение поправочных коэффициентов.

При возделывании небобовых культур количество минерализовавшегося гумуса можно определить по формуле

$$P = Y \cdot N_B \cdot K_M \cdot P_{K.M} \cdot 20 : 10,$$

где Р – минерализовалось гумуса, кг/га;

У – урожайность возделываемой культуры, т/га;

N_B – вынос азота с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг;

K_M – коэффициент минерализации гумуса с поправкой на культуру;

$P_{к.м}$ – поправочный коэффициент на минерализацию гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы;

20 – коэффициент пересчета азота в гумус, с учетом того, что в составе гумуса в среднем содержится 5 % азота;

10 – коэффициент для перерасчета урожайности в т/га.

При расчете расходной статьи баланса гумуса под бобовыми культурами используют формулу

$$P = U \cdot N_B \cdot K_M \cdot K_{\phi} \cdot P_{к.м} \cdot 20 : 10,$$

где K_{ϕ} – коэффициент на фиксацию азота атмосферы (многолетние бобовые травы – 0,3, зернобобовые и однолетние бобовые культуры – 0,5, однолетние бобово-злаковые смеси – 0,75).

В тех случаях, когда расчет баланса гумуса проводится на эродированных почвах, необходимо учитывать потери гумуса в результате эрозии. При этом считается, что на сильноосмытых почвах ежегодные потери гумуса составляют в среднем 0,3 т/га, на среднесмытых – 0,15 т/га, на слабоосмытых почвах – 0,03 т/га.

Основным, а во многих случаях почти единственным источником пополнения в почве гумусовых веществ являются растительные остатки сельскохозяйственных культур. Они подразделяются на пожнив-ные, листостебельные и корневые.

К пожнивным остаткам относятся надземные части растений, остающиеся на поле после уборки. Их масса изменяется в широких пределах и зависит от возделываемой культуры, ее урожайности и особенностей уборки.

Листостебельные части растений включают необранные остатки клубней, корнеплодов, луковиц, корневые шейки трав, корневища и др. Располагаются они, как правило, в пахотном горизонте.

Корневые остатки представлены корнями растений и их выделени-ями. На их долю приходится большая часть органической массы, остающейся в поле после уборки. Их основное количество также рас-положено в верхнем слое почвы. При этом корни проникают, напри-мер, у зерновых культур, на глубину до 130 см, обогащая органиче-ским веществом не только пахотный горизонт, но и нижележащие

слои почвы. Часть корней может отмирать и разлагаться еще при жизни растений. Масса этой части, вместе с корневыми выделениями достигает 30 % от массы корней во время уборки. К сожалению, ее очень трудно учесть и поэтому она при балансовых расчетах гумуса игнорируется.

Роль растительных остатков в формировании приходной части баланса гумуса неравнозначна и зависит не только от вида возделываемой культуры, но и от ее урожайности. Чем больше урожайность, тем больше масса растительных остатков, однако при этом их доля в составе биомассы растений снижается. Это в первую очередь объясняется тем, что под влиянием удобрений надземная часть растений растет быстрее, чем их корневая система.

На основании обобщения большого количества экспериментально-го материала учеными были разработаны коэффициенты для определения массы послеуборочных остатков сельскохозяйственных культур по величине их урожайности (табл. 11.10). Эти коэффициенты широко используются при расчетах баланса гумуса.

Гумификация послеуборочных остатков происходит с различной скоростью. Поэтому при расчетах приходной статьи баланса гумуса учитывают, какая часть растительных остатков трансформируется в гумус. Для этого предложены коэффициенты гумификации ($K_{гум}$), которые в среднем равны:

- для многолетних трав – 0,21;
- для зерновых культур, гречихи, зернобобовых, рапса (семена), льна (волокно) и райграса однолетнего (зел. масса) – 0,18;
- люпина (зел. масса) – 0,15;
- однолетних бобово-злаковых травосмесей (зел. масса) – 0,14;
- кукурузы (зел. масса), крестоцветных (зел. масса), озимые зерновые (зел. масса) – 0,13;
- сахарной свеклы, кормовых корнеплодов – 0,10;
- картофеля, овощей – 0,8;
- соломы на удобрение – 0,25.

Для того чтобы определить, сколько гумуса будет образовано из растительных остатков, следует воспользоваться формулой

$$P_{p.o} = Y \cdot K_{п.к} \cdot K_{г.п.к} \cdot P_{кг} \cdot 100,$$

где $P_{p.o}$ – количество гумуса, образовавшегося за счет гумификации растительных остатков, кг/га;

Y – урожайность возделываемой культуры, ц/га;

- $K_{\text{ПК}}$ – коэффициент выхода корневых и пожнивных остатков;
 $K_{\text{Г. п. к}}$ – коэффициент гумификации корневых и пожнивных остатков;
 $\Pi_{\text{кг}}$ – поправочный коэффициент на гумификацию в зависимости от гранулометрического состава почвы.

Таблица 11.10. **Нормативы накопления пожнивных и корневых остатков в почвах**

Культура	Урожайность, ц/га	Коэффициент выхода растительных остатков ($K_{\text{р. о}}$)
1	2	3
Озимые зерновые (зерно)	<15	1,8
	16–20	1,5
	21–25	1,3
	26–30	1,2
	31–40	1,1
	>40	1,0
Яровые зерновые (зерно)	<15	1,3
	16–20	1,2
	21–25	1,1
	26–30	1,0
	31–40	0,9
	>40	0,8
Зернобобовые (зерно)	<10	1,3
	11–15	1,2
	16–20	1,1
	21–25	1,0
Зернобобовые (зерно)	26–35	0,9
	>35	0,8
Гречиха (зерно)	<10	1,4
	>10	1,0
Рапс (семена)	<10	1,5
	11–15	1,3
	16–20	1,2
	21–25	1,1
	>25	1,0
Лен-долгунец (волокно)	<3	0,10
	3–6	0,09
	>6	0,08
Сахарная свекла, кормовые корнеплоды (корни)	<200	0,10
	201–350	0,09
	>350	0,08
Картофель (клубни)	<150	0,16
	151–250	0,15
	>250	0,14

1	2	3
Кукуруза (зеленая масса)	<200	0,09
	201–300	0,08
	>300	0,07
Овощи	<100	0,12
	101–200	0,11
	>200	0,10
Люпин (зеленая масса)	<250	0,16
	>250	0,15
Многолетние травы (сено)	<30	1,4
	31–40	1,2
Многолетние травы (сено)	41–50	1,1
	51–70	0,9
	>70	0,7
Однолетние бобово-злаковые травосмеси (зеленая масса)	<200	0,16
	201–300	0,15
	>300	0,14
Крестоцветные (зеленая масса)	<200	0,21
	>200	0,20
Райграс однолетний (зеленая масса)	<250	0,16
	>250	0,15
Озимые зерновые (зеленая масса)	<120	0,17
	>120	0,16
Все культуры на пашне (кормовые единицы)	<40	0,8
	41–60	0,7
	>60	0,6

В условиях сельскохозяйственного производства одним из основных факторов, с помощью которого удается поддерживать положительный баланс гумуса в почве, являются органические удобрения. Имеется множество примеров, говорящих о том, что длительное возделывание полевых культур без их применения приводит к значительному снижению содержания гумуса в почве. При этом его запасы переходят в устойчивое состояние при уровне на 20 % ниже первоначального. Отказ от применения органических удобрений, особенно при возделывании пропашных культур, приводит в почве к глубоким негативным изменениям. При этом не только существенно снижаются запасы гумуса, но и в его составе возрастает доля фульвокислот, становится более узким соотношение $C_{гк} : C_{фк}$.

Именно поэтому одним из наиболее эффективных приемов, способствующих накоплению гумуса в почве и обеспечивающих его бездефицитный баланс, является систематическое применение органических удобрений. Особенно важно вносить органические удобрения на дерново-подзолистых почвах, отличающихся низким потенциальным плодородием. На этих почвах при внесении достаточно высоких норм органических удобрений можно добиться не только бездефицитного, но и положительного баланса гумуса.

В среднем из 1 т органических удобрений (соломистый навоз КРС) влажностью 75 % в дерново-подзолистых суглинистых почвах образуется 50 кг гумуса, в супесчаных – 40 кг и в песчаных – 30 кг гумуса.

При внесении других видов органических удобрений стандартной влажности их рекомендуется переводить в условный навоз по следующим коэффициентам:

- все виды подстилочного навоза, торфонавозные и сборные компосты – 1,0;
- полужидкий бесподстилочный – 0,5;
- жидкий навоз – 0,2;
- навозные стоки – 0,06;
- куриный помет – 1,7;
- подстилочный помет – 2,0;
- торфопометный компост – 1,3;
- сапропелевые удобрения органического типа – 0,5;
- сапропелевые удобрения смешанного типа – 0,3;
- солома зерновых, крупяных и крестоцветных культур – 3,5 (с учетом дополнительного внесения азота);
- солома зернобобовых культур и кукурузы – 3,8 (с учетом дополнительного внесения азота);
- ботва – 0,5.

Отавная форма зеленого удобрения с учетом запашки пожнивных и корневых остатков эквивалентна 4 т/га навоза, полная форма зеленого удобрения при урожайности сидератов 150–250 ц/га – 15 т/га, 250–350 ц/га – 20 т/га навоза.

Коэффициенты перевода в условный навоз учитывают содержание органического вещества в удобрении, количество и доступность основных элементов питания, соотношение между углеродом и азотом, что определяет процессы гумификации и питания растений, действие и последствие органических удобрений в севообороте.

Общее количество соломы или ботвы, используемое для заделки на удобрение, определяется по валовому сбору товарной продукции, умноженному на соответствующий коэффициент.

Соотношение *основная продукция* : *побочная продукция* зависит от видового и сортового состава культур, урожайности, почвенных и погодных особенностей, условий питания и др. и может изменяться в значительных пределах.

По результатам обобщения полевых опытов и анализа производственных результатов приняты следующие коэффициенты пересчета зерна и семян в солому, корне- и клубнеплодов – в ботву:

- озимые зерновые, зернобобовые культуры, кукуруза, просо – 1,2;
- яровые зерновые культуры и гречиха – 1,0;
- рапс и другие крестоцветные культуры – 3,0;
- сахарная свекла – 0,5;
- картофель – 0,2;
- кормовые корнеплоды – 0,25.

Общий приход (синтез) гумуса можно рассчитать по формуле

$$П = (У \cdot K_{п.к} \cdot K_{г.п.к} \cdot P_{кг} \cdot 100) + (D_o \cdot K_{у.н} \cdot K_{г.о}) : 1000,$$

где П – общий приход гумуса, кг/га;

У – урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га;

$K_{п.к}$ – коэффициент выхода корневых и пожнивных остатков;

$K_{г.п.к}$ – коэффициент гумификации корневых и пожнивных остатков;

$P_{кг}$ – поправочный коэффициент на гумификацию в зависимости от гранулометрического состава почвы (для суглинистых почв $P_{кг}$ равен 1,10, для супесчаных – 1,0, для песчаных – 0,8);

D_o – доза органических удобрений, т/га;

$K_{у.н}$ – коэффициент перевода в условный навоз;

$K_{г.о}$ – коэффициент, отражающий образование гумуса из 1 т условного навоза, кг;

100 – коэффициент перевода урожайности в кг/га.

Расчет баланса гумуса проводится в форме таблицы, в которой отражаются все его приходные и расходные статьи.

Регулирование баланса гумуса в почве

В почвах, занятых в сельскохозяйственном производстве, потери гумуса во многом определяются особенностями антропогенного воздействия. Человек, применяя удобрения, изменяя реакцию почвенной среды, подбирая чередование культур в севооборотах, выполняя различные приемы обработки почвы, существенно изменяет интенсивность и характер образования гумуса. К сожалению, в результате его деятельности часто наблюдается усиление темпов дегумификации почв. Это недопустимо и заставляет совершенствовать методы управления приходной и расходной статьями баланса гумуса.

Поддержание бездефицитного, а тем более положительного баланса гумуса возможно в первую очередь за счет регулярного поступления в почву достаточного количества свежего органического вещества (пожнивно-корневые остатки, органические удобрения) и применения агротехнических приемов, направленных на снижение темпов его минерализации.

В целом, за счет пожнивных и корневых остатков сельскохозяйственных культур, возделываемых на пахотных суглинистых почвах Беларуси, восстанавливается около 50 % потерь гумуса, на супесчаных и песчаных почвах – около 40 %.

Растительные остатки играют важную роль не только в качестве источника пополнения гумуса, но и принимают непосредственное участие в формировании структурных отдельностей, способствуя тем самым созданию агрономически ценной структуры почвы. Они являются источником энергии и элементов питания для растений и почвенных организмов, источником растворимых в воде органических соединений, не требуют дополнительных затрат на внесение и при этом распределяются в почве наиболее равномерно.

Наибольшее количество органического вещества в почве оставляют после себя многолетние травы. В зависимости от условий возделывания и уровня урожайности сухая масса растительных остатков трав составляет 4,4–7,7 т/га. По накоплению растительных остатков относительно многолетних трав культуры располагаются в следующем убывающем ряду: кукуруза – 56 % > озимые – 50 % > яровые зерновые – 39 % > зернобобовые – 28 % > картофель – 20 %.

Для того чтобы баланс гумуса был положительным или бездефицитным, недостающее количество органического вещества необходимо пополнять за счет внесения органических удобрений.

В качестве органического удобрения широко используется подстилочный и бесподстилочный навоз, компосты на основе торфа, солома в комплексе с внесением азотных удобрений (из расчета 10 кг на 1 т соломы) или солома в комплексе с жидким навозом. При этом органические удобрения под яровые культуры желательно вносить только осенью.

В связи с тем, что под многолетними травами формируется положительный баланс гумуса, а под пропашными культурами преобладают процессы минерализации органического вещества, необходимо при разработке севооборотов оптимизировать соотношение многолетних трав и пропашных культур. По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», соотношение между площадями этих культур в севообороте должно быть не менее 1,5:1,0. При этом в севооборотах, располагающихся на легких по гранулометрическому составу почвах, при дозах навоза менее 8 т/га пашни данное соотношение должно составлять 2,0:1,0.

В структуре посевных площадей необходимо также иметь не менее 10 % промежуточных культур, запашка растительных остатков которых позволит в целом по всем хозяйствам Республики Беларусь внести в почву до 1,5 млн. т свежего органического вещества.

С учетом сложившейся структуры посевных площадей минимальная среднегодовая доза органических удобрений, обеспечивающая поддержание в почве бездефицитного баланса гумуса, должна быть равна не менее 13,0 т/га.

Наиболее положительное влияние органических удобрений на накопление гумуса в почве проявляется при их совместном применении с минеральными. Например, обобщенные данные 100 многолетних полевых опытов Геосети ВИУА (рис. 11.1) свидетельствуют о том, что регулярное применение органоминеральной системы удобрения в течение 60 лет увеличило содержание гумуса в почвах в среднем на 20 % (в относительном значении). На фоне применения одних органических удобрений – на 3 %. На фоне минеральной системы удобрения баланс гумуса в почве оказался отрицательным.

Довольно мощным фактором, оказывающим многостороннее влияние на свойства дерново-подзолистой почвы, является известкование. Положительно воздействуя на жизнедеятельность почвенной микрофлоры, известкование способствует накоплению гумуса в почве. На его фоне процессы гумификации идут быстрее и

активнее. Имеются данные о том, что регулярное известкование в сочетании с применением NPK увеличивает запасы гумуса в почве, а без NPK запасы гумуса остаются на уровне контроля и даже снижаются.

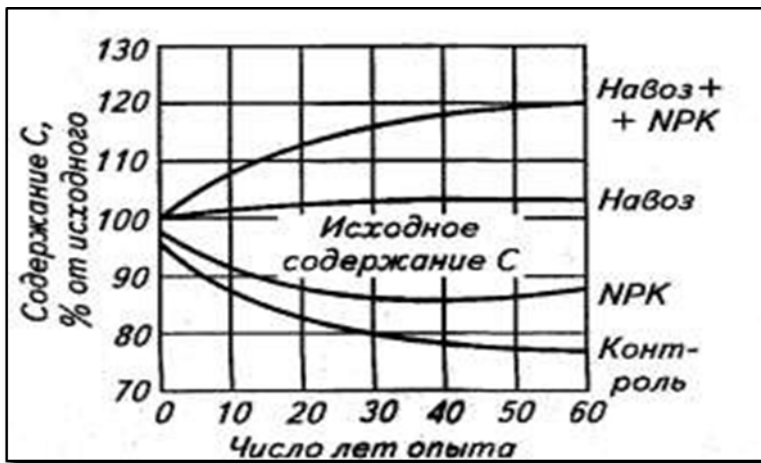


Рис. 11.1. Динамика содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах под влиянием систем удобрения в севооборотах в длительных полевых опытах (Шевцова, 1998)

т Ш а н о щ с

Обзорная публикация И. Н. Шаркова и А. А. Даниловой (2010) по влиянию агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах убедительно показывает, что применение удобрений, минимализация механической обработки почвы и снижение доли чистого пара в севообороте являются основными приемами оптимизации баланса гумуса в почве. При этом увеличение гумусированности почв под действием этих приемов, как правило, находится в интервале 0,17–0,35 %.

Указанный комплекс мероприятий позволит выйти на стабильный бездефицитный или положительный баланс гумуса в почвах пахотных земель и обеспечить основу расширенного воспроизводства плодородия почв.

12. СОСТАВЛЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ПЛАНА ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ

После определения доз органических и минеральных удобрений и оценки их по балансу питательных элементов и гумуса в почве разрабатывается многолетний план известкования почв в севооборотах и других угодьях.

Известкование значительно увеличивает эффективность применения органических и минеральных удобрений. Совместное внесение известковых удобрений и различных видов органических удобрений на кислых почвах способствует получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. При увеличении уровня применения удобрений роль известкования усиливается.

Большинство сельскохозяйственных культур положительно реагируют на известкование сильно- и среднекислых дерново-подзолистых почв и дают высокие прибавки урожая. Из зерновых культур наиболее отзывчивы на известкование озимая и яровая пшеница, ячмень, из пропашных – сахарная свекла и кормовые корнеплоды, из кормовых – многолетние травы.

Эффективность известкования зависит от степени кислотности почвы, особенностей возделываемых культур, дозы и форм известковых мелиорантов. Чем больше кислотность и выше норма известки, тем больше эффект от известкования.

В соответствии с Инструкцией о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель известкованию подлежат:

- дерново-подзолистые песчаные, супесчаные почвы со степенью кислотности pH_{KCL} пахотного горизонта 5,50 и ниже;

- дерново-подзолистые суглинистые и глинистые почвы со степенью кислотности pH_{KCL} 6,00 и ниже;
- торфяно-болотные почвы со степенью кислотности pH_{KCL} 5,00 и ниже;
- почвы рекультивируемых земель (выработанные торфяные месторождения, карьеры и др.), если степень кислотности pH_{KCL} подготавливаемого в качестве пахотного или гумусового горизонтов 5,50 и ниже.

Деление почв на группы по степени кислотности pH_{KCL} представлено в табл. 12.1.

Таблица 12.1. Градация почв по степени кислотности pH_{KCL}

Группа	Степень кислотности	Почвы	
		минеральные	торфяно-болотные
I	Сильнокислые	Менее 4,51	Менее 4,01
II	Среднекислые	4,51–5,00	4,01–4,50
III	Кислые	5,01–5,50	4,51–5,00
IV	Слабокислые	5,51–6,00	5,01–5,50
V	Близкие к нейтральным	6,01–6,50	5,51–6,00
VI	Нейтральные	6,51–7,00	6,01–6,50
VII	Слабощелочные	Более 7,00	Более 6,50

Оптимальные интервалы степени кислотности pH_{KCL} для возделывания сельскохозяйственных культур приведены в табл. 12.2.

В севооборотах со льном, картофелем и люпином известкование проводится при значении кислотности pH_{KCL} 5,50 и ниже (на песчаных почвах – 5,25 и ниже). Рекомендуется вносить известковые удобрения непосредственно под эти культуры или за четыре и более лет до их посева. В севооборотах с чувствительными к кислотности культурами в первую очередь необходимо известковать не только сильно-, но и среднелужающиеся в известковании почвы.

Известкование кислых почв сельскохозяйственных земель подразделяется:

- на мелиоративное – проводится на почвах I и II групп кислотности;
- поддерживающее – на почвах III и IV групп кислотности.

Внесение известковых удобрений проводится после уборки основного и побочного урожая возделываемой культуры, а также при обработке почвы. Повторное известкование пахотных почв и перезалужаемых земель разрешается после проведения их агрохимического обследования (один раз в четыре года).

Таблица 12.2. **Оптимальные интервалы степени кислотности pH_{KCl} для возделывания сельскохозяйственных культур**

Почвы	В среднем	В том числе по типам севооборотов		
		со льном, картофелем, люпином, овсом, озимой рожью	зернотравяно-пропашные с кукурузой, корнеплодами	зерносвекловичные, прифермские (клевер, люцерна), овощекормовые
Дерново-подзолистые:				
песчаные	5,3–5,8	5,3–5,5	5,5–5,8	5,5–5,8
супесчаные	5,5–6,2	5,5–5,8	5,6–6,0	5,8–6,2
суглинистые	5,5–6,7	5,5–6,0	6,1–6,5	6,5–6,7
Торфяно-болотные	5,0–5,3	–	–	–
Минеральные почвы сенокосов и пастбищ	5,8–6,2	–	–	–

Известкование многолетних трав, сенокосов и пастбищ рекомендуется проводить при коренном их улучшении с внесением известковых мелиорантов в период подготовки почвы до посева. Допускается проводить поверхностное известкование многолетних трав, улучшенных сенокосов и пастбищ с учетом их продуктивности и дальнейшего использования.

В многолетних насаждениях плодовых и ягодных культур известкование почвы следует проводить доломитовой мукой. Первое внесение известкового удобрения производится полной дозой перед вспашкой при подготовке почвы под посадку сада и ягодников. Затем известковые удобрения вносятся в посадочные ямы, лунки, борозды в рекомендуемых дозах.

После посадки молодые сады и ягодники следует известковать, как правило, через 5–6 лет с обязательным проведением анализа почвы на кислотность.

В плодоносящих насаждениях известкование можно проводить с интервалом 5–6 лет, уточняя дозу извести по результатам анализа почвы на кислотность. Вносятся известковые удобрения вразброс на всю площадь междурядий по вспаханной почве и заделываются культиватором или дисковой бороной.

Внесение пылевидных известковых удобрений должно осуществляться при средней скорости ветра, не превышающей 6 м/с. При определении скорости ветра пользуются данными метеостанций или ручными анемометрами.

Необходимо соблюдать рабочую скорость движения машин для внесения известковых материалов, установленную ширину рассева и параллельность между смежными проходами. Внесение известковых материалов в период плохой проходимости машин по полю не допускается.

Внесение известковых материалов на полях с уклоном 7–10° осуществляется центробежными разбрасывателями, их заезды следует направлять в сторону подъема склона, а при уклоне более 10° – по склону вниз.

В климатических условиях Беларуси известкование можно проводить круглый год. При этом снижается сезонность выполнения работ, уменьшаются сроки хранения известковых мелиорантов, увеличивается оборачиваемость складских помещений и рационально используются машины и механизмы.

В зимних условиях известкование кислых почв сельскохозяйственных земель проводится на площадях с уклоном не более 3°, при глубине снежного покрова не более 25 см при отсутствии снежного наста, на не затопляемых весенними паводками землях. Запрещается внесение известковых удобрений на замерзшие и не покрытые снегом пахотные земли с наличием ледяной корки. Глубина снежного покрова замеряется непосредственно перед проведением работ по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель. Разбрасывающие диски центробежных машин должны быть выше верхней отметки снежного покрова не менее чем на 40 см.

Регулировка распределяющих рабочих органов разбрасывателей проводится в соответствии с инструкциями по их эксплуатации, прилагаемыми в обязательном порядке к каждому разбрасывателю. Не допускается внесение известковых мелиорантов неисправной или неустановленной на требуемую дозу внесения техникой.

Качество внесения известковых удобрений на поле или земельном участке определяется на основании следующих показателей:

- соответствие нормативной дозе внесения;
- равномерность внесения;
- отсутствие просыпанных известковых мелиорантов.

Для центробежных и пневматических разбрасывателей при неравномерности распределения известковых удобрений свыше 35 % работы бракуются. Отклонение фактической дозы от заданной не должно превышать 10 %.

Хранение известковых материалов осуществляется в специальных емкостях или складских помещениях. Смешивание их с другими видами продукции недопустимо. В местах складирования известковые материалы тщательно подбираются и разбрасываются по полю не позднее 5 дней.

Для проведения работ по внесению известковых удобрений в почву исполнителю работ необходимо иметь проектно-сметную документацию (ПСД) на работы по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель, картограмму кислотности почв и специализированную технику.

Для известкования кислых почв сельскохозяйственных земель используются известковые материалы, которые в соответствии с Законом Республики Беларусь от 25 декабря 2005 года № 77-З «О карантине и защите растений» прошли государственную регистрацию и включены в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: доломитовая мука, дефекаат, мелиоранты на основе фосфогипса и др.

В качестве известковых удобрений также могут использоваться карбонатный сапропель, известняковая и меловая мука.

Для известкования кислых почв сельскохозяйственных земель может применяться дефекаат с влажностью не более 30 % и с содержанием CaCO_3 не менее 70 % в пересчете на сухое вещество. Дефекаат используется для известкования в безморозный период в сухую погоду. Наиболее целесообразно использовать дефекаат на сильно-, среднекислых и высокообеспеченных магнием почвах, при залужении и перезалужении сенокосов и пастбищ.

Карбонатный сапропель применяется для известкования кислых почв в районах его добычи.

Дозы известковых удобрений в действующем веществе устанавливаются на основании гранулометрического состава почв, исходной степени кислотности $\text{pH}_{\text{КСЛ}}$, содержания гумуса в почвах, плотности загрязнения территорий радионуклидами.

При расчете общей потребности в известковых мелиорантах по организациям, районам, областям используются средние дозы согласно табл. 12.3.

Таблица 12.3. Средние дозы известковых удобрений для расчета общей потребности, т/га CaCO₃

Группы почв	pH _{KCl}			
	4,01–4,50	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00
Пахотные земли				
Песчаные	5,5	4,5	3,5	–
Супесчаные	6,5	5,5	4,5	–
Суглинистые и глинистые	8,5	7,5	6,5	4,5
Торфяные	7,0 (12,0)*	4,0	–	–
Сенокосы и пастбища				
Песчаные	6,0	5,0	4,0	–
Супесчаные	7,0	6,0	4,5	–
Суглинистые и глинистые	9,0	8,0	6,5	4,5
Торфяные	7,0 (12,0)*	4,0	–	–

*Для почв с pH_{KCl} 4,00 и ниже.

Для известкования кислых почв пахотных земель применяются средние дозы известковых мелиорантов согласно табл. 12.4, загрязненных радионуклидами – согласно табл. 12.5, сенокосов и пастбищ – согласно табл. 12.6.

Таблица 12.4. Средние дозы известковых удобрений для известкования кислых почв пахотных земель, т/га CaCO₃

Группы почв	Содержание гумуса, %	pH _{KCl}							
		4,25 и ниже	4,26–4,50	4,51–4,75	4,76–5,00	5,01–5,25	5,26–5,50	5,51–5,75	5,76–6,00
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Минеральные									
Песчаные	Менее 1,50	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	–	–
	1,51–3,00	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	–	–
	Более 3,00	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	–	–
Рыхло-супесчаные	Менее 1,50	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5*	–
	1,51–3,00	6,0	5,5	5,0	5,0	4,0	3,5	3,0**	–
	Более 3,00	6,5	6,0	5,5	5,5	4,5	4,0	3,5**	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Связно-супесчаные	2,0 и менее	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5**	3,0**
	Более 2,00	6,5	6,0	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0**	–
Легко- и средне-суглинистые	2,0 и менее	7,5	7,0	7,0	6,5	6,0		4,5	3,5**
	Более 2,00	8,0	7,5	8,0	7,5	7,0	5,0	5,0	
		9,0	8,5				6,0		3,5**
Тяжело-суглинистые и глинистые	Любое	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	4,0–5,0
Торфяные									
Торфяные	–	8,0–12,0* (13,0–19,0)**	6,5–10,0**	5,0–7,5**	3,0–5,0**	–	–	–	–

*Для почв с рН_{КСЛ} 4,00 и ниже.

**Для почв с уровнем загрязнения 1,0–4,9 Ки/км² по цезию-137 или 0,15–0,29 Ки/км² по стронцию-90.

Таблица 12.5. Средние дозы известковых удобрений для известкования кислых почв пахотных земель, загрязненных радионуклидами, т/га CaCO₃

Группы почв	Содержание гумуса, %	рН _{КСЛ}							
		4,25 и ниже	4,26–4,50	4,5–4,75	4,7–5,00	5,0–5,25	5,2–5,50	5,51–5,75	5,76–6,00
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Торфяные									
Торфяные	–	13,0 (19,0)*	10,0	7,5	5,0	–	–	–	–
Минеральные									
Песчаные	Менее 1,50	8,0	7,5	6,5	5,5	4,5	3,5	–	–
	1,51–3,00	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	–	–
	Более 3,00	9,0	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	–	–
Рыло-супесчаные	Менее 1,50	10,0	9,0	8,5	7,0	5,5	5,0	3,0	–
	1,51–3,00	10,5	9,5	9,0	8,0	6,5	6,0	3,5	–
	Более 3,00	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0	4,5	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Связно-супесчаные	2,00 и менее	12,0	10,5	10,0	9,0	8,0	6,5	5,0	4,0
		13,0	11,5	11,0	11,0	8,5	7,0	5,5	4,5
Легко- и средне-суглинистые	Более 2,00 2,00 и менее	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0	9,5	7,0	6,0
		16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0

*Для почв с рН_{ксл} 4,00 и ниже.

Таблица 12.6. Средние дозы известковых удобрений для известкования кислых почв сенокосов и пастбищ, т/га СаСО₃

Группы почв	рН _{ксл}								
	4,25 и ниже	4,26–4,50	4,5–4,75	4,7–5,00	5,0–5,25	5,2–5,50	5,5–5,75	5,76–6,00	
Не загрязненные радионуклидами земли									
Песчаные	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	–	–	–
Рыхлосупесчаные	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	–	–	–
Связносупесчаные	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	–	–	–
Легко- и среднесуглинистые	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0	–
Тяжелосуглинистые и глинистые	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0	–
Торфяные	8,0 (12,0)*	6,5	5,0	3,0	–	–	–	–	–
Плотность загрязнения цезием-137 – 1,0–4,9, стронцием-90 – 0,15–0,29 Ки/км²									
Песчаные	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	–	–	–
Рыхлосупесчаные	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	–	–
Связносупесчаные	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0	3,5	–
Суглинистые и глинистые	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0	–
Торфяные	13,0 (19,0)*	10,0	7,5	5,0	–	–	–	–	–
Плотность загрязнения цезием-137 – 5,0–40,0, стронцием-90 – 0,3–3,0 Ки/км²									
Песчаные	9,0	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	–	–	–
Рыхлосупесчаные	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0	4,5	–	–
Связносупесчаные	13,0	11,5	11,0	10,0	8,5	7,0	5,5	4,5	–
Суглинистые и глинистые	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0	–
Торфяные	13,0 (19,0)*	10,0	7,5	5,0	–	–	–	–	–

*Для почв с рН_{ксл} 4,0 и ниже.

К загрязненным радионуклидами почвам, на которых требуется дополнительное внесение известковых удобрений, относятся почвы с уровнем загрязнения 1–40 Ки/км² по цезию-137 и 0,15–3,00 Ки/км² по стронцию-90. Для первого уровня загрязнения (1,0–4,9 Ки/км² по цезию-137 и 0,15–0,29 Ки/км² по стронцию-90) дозы известковых удобрений увеличиваются только на торфяных почвах и дополнительно известкуются рыхлосупесчаные почвы с рН_{KCL} 5,51–5,75, связносупесчаные почвы с рН_{KCL} 5,51–6,00. Для второго уровня загрязнения (5–40 Ки/км² по цезию-137 и 0,30–3,00 Ки/км² по стронцию-90) дозы устанавливаются из расчета доведения реакции почвенной среды до оптимального уровня за один прием.

Физическая доза вносимых известковых мелиорантов определяется содержанием карбонатов кальция и магния с учетом влажности, поправочного коэффициента на вид известкового удобрения.

Для расчета физической дозы твердых известковых удобрений (доломитовая мука, известняковая мука) применяется следующая формула

$$D_{\phi} = D_0 \cdot 10^6 : M : (100 - B) : (A_1 + 0,7 \cdot A_2 + 0,5 \cdot A_3 + 0,2 \cdot A_4),$$

где D_{ϕ} – физическая масса известкового мелиоранта, т/га;

D_0 – расчетная доза CaCO_3 , т/га;

M – содержание действующего вещества в пересчете на CaCO_3 , % на сухое вещество;

B – влажность, %;

A_1 – доля частиц размером менее 1 мм, %;

A_2 – доля частиц размером 1–3 мм, %;

A_3 – доля частиц размером 3–5 мм, %;

A_4 – доля частиц размером более 5 мм, %;

0,7, 0,5, 0,2 – нейтрализующая способность частиц в сравнении с размером частиц менее 1 мм.

При использовании дефеката, карбонатного сапропеля, меловой муки физическая доза определяется по формуле

$$D_{\phi} = D_0 \cdot 10^4 : M : (100 - B) \cdot 0,8.$$

Для других мягких известковых мелиорантов используется формула

$$D_{\phi} = D_0 \cdot 10^4 : M : (100 - B).$$

При использовании известковых удобрений с влажностью 5 % можно применять формулу

$$D_{\phi} = D_0 : 0,95.$$

13. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ

Радиоактивное загрязнение после катастрофы на Чернобыльской АЭС распространилось на все области Беларуси, но наиболее пострадали Гомельская и Могилевская области.

В настоящее время наибольшую опасность представляют стронций-90 и цезий-137. Радиоактивные изотопы стронция и цезия являются химическими аналогами кальция и калия. Стронций и цезий отличаются высокой биологической подвижностью и легко поступают в растения. Наблюдается прямая зависимость между их содержанием в почве и поступлением в растения. У стронция период полураспада составляет 28 лет, у цезия – 30.

Преобладающая часть радионуклидов сосредоточена в зоне расположения основной массы корней сельскохозяйственных культур. Миграция цезия-137 и стронция-90 вглубь почвы происходит очень медленно. Наибольший переход радионуклидов из почвы в растения отмечается на минеральных песчаных и торфяно-болотных почвах в естественных условиях, наименьший – на окультуренных землях.

Необходимость ведения сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения является одним из наиболее тяжелых последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Система использования загрязненных радионуклидами земель должна обеспечивать не только минимальное накопление радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, исключение производства продукции и продуктов питания, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию радионуклидов, но также окупаемость произведенной продукции.

Органические удобрения. Систематическое применение органических удобрений приводит к существенному улучшению агрохимических свойств почв, повышению содержания гумуса, стабилизации высокой урожайности и качества растениеводческой продукции, уменьшению перехода радионуклидов в сельскохозяйственные культуры. Органические удобрения снижают поступления радионуклидов в растения в 1,5–2,5 раза, в наибольшей степени на легких по гранулометрическому составу почвах. Обеспеченность почв гумусом является одним из параметров почвенного плодородия, определяющих накопление радионуклидов в растениях. Это связано со снижением биологической доступности радионуклидов за счет их включения в органи-

минеральные комплексы в почве, а также с повышением обеспеченности почв элементами питания, увеличением урожайности культур или «биологическим» разбавлением концентрации радионуклидов.

Анализ экспериментальных данных, полученных в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси, свидетельствует, что с повышением содержания гумуса в почвах с 1,0 до 3,5 % накопление цезия-137 и стронция-90 в растениеводческой продукции снижается в 1,5–3,5 раза.

Органические удобрения на загрязненных радионуклидами почвах можно применять без ограничений в соответствии с технологиями. Необходимо использовать все имеющиеся источники обогащения почв органическим веществом – навоз, компосты, солому, зеленые удобрения, а при небольшом радиусе перевозок – торф и нейтрализованный лигнин (отход гидролизных заводов).

Под сельскохозяйственные культуры рекомендуется применять те же дозы органических удобрений, что и на не загрязненных радионуклидами землях.

Наибольший эффект от органических удобрений можно получить при комплексном применении в сочетании с минеральными удобрениями и известковыми мелиорантами.

Важно отметить, что внесение подстилочного навоза, произведенного на радиоактивно загрязненной территории, не приводит к заметному увеличению накопления радионуклидов в почве.

Азотные удобрения. На почвах, загрязненных радионуклидами, важная роль отводится регулированию азотного питания растений. Недостаток доступного азота в почве приводит к снижению урожайности основной и побочной продукции, а повышенные дозы азотных удобрений усиливают накопление радионуклидов в растениях. Расчет доз азотных удобрений при возделывании культур на радиоактивно загрязненных почвах должен быть основан на сбалансированности всех элементов питания с учетом действия и последствий органических удобрений.

Максимально допустимые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры приведены в табл. 13.1.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что избыточное азотное питание растений повышает в 1,2–1,3 раза поступление радионуклидов в растения по сравнению с оптимальной дозой азота.

Расчет доз азотных удобрений проводится исходя из потребности в азоте для формирования планируемого урожая. При подкормке ози-

мых и яровых зерновых культур азотными удобрениями рекомендуется проводить комплексную почвенно-растительную диагностику.

Таблица 13.1. Максимально допустимые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах, загрязненных радионуклидами

Культура	Органические удобрения (фон), т/га	Доза удобрений, кг/га д. в.
Картофель	60–70	120
Озимые зерновые	30–40	200*
Яровые зерновые	–	120
Сахарная свекла	60–70	150
Кукуруза	70	150
Многолетние злаковые травы	–	160
Капуста	70	120
Морковь	–	90
Томаты	40	90
Огурцы	120	90
Столовая свекла	40	120
Лук-репка	40	90

*При планируемой урожайности 80 ц/га зерна.

Важным звеном оптимизации азотного питания растений является применение новых медленнодействующих форм азотных удобрений с добавками различных биологически активных компонентов. Применение медленнодействующих азотных удобрений позволяет повысить на 20–40 % их окупаемость прибавкой урожая при одновременном снижении содержания радионуклидов на 15–30 %. При этом также снижается накопление нитратов в картофеле, овощах и кормовых культурах.

Карбамид медленнодействующий с гуматсодержащими добавками рекомендуется применять на почвах разного гранулометрического состава, но в первую очередь на рыхлых почвообразующих породах под все полевые и овощные культуры в обычных дозах.

Фосфорные удобрения. Установлено снижение поступления радионуклидов из почвы в растительную продукцию при внесении фосфорных удобрений, особенно на почвах с низким содержанием фосфатов. Фосфорные удобрения не только способствуют повышению урожайности возделываемых культур, но и закреплению стронция-90 за счет осаждения его фосфатами. Значительное уменьшение перехода

стронция-90 из почвы в растительную продукцию связано с образованием в почве нерастворимых фосфатов стронция.

Для уменьшения поступления радионуклидов из почвы в растения определены среднегодовые основные и дополнительные дозы фосфорных удобрений в целом по севообороту, которые дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного фосфора в почве и трем уровням плотности загрязнения радионуклидами:

первый – содержание цезия-137 в почвах от 1,0 до 4,9 Ки/км² или стронция-90 от 0,15 до 0,29 Ки/км²;

второй – содержание цезия-137 в почвах от 5,0 до 14,9 Ки/км² или стронция-90 от 0,30 до 0,99 Ки/км²;

третий – содержание цезия-137 в почвах от 15,0 до 40,0 Ки/км² или стронция-90 от 1,0 до 3,0 Ки/км² (табл. 13.2).

Таблица 13.2. Дозы фосфорных удобрений на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	Основные дозы P ₂ O ₅ , кг/га	Дополнительные дозы P ₂ O ₅ (кг/га) при плотности загрязнения, Ки/км ²		
			¹³⁷ Cs 1,0–4,9 ⁹⁰ Sr 0,15–0,29	¹³⁷ Cs 5,0–14,9 ⁹⁰ Sr 0,30–0,99	¹³⁷ Cs 15,0–40,0 ⁹⁰ Sr 1,00–3,00
Пахотные земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	60 и менее	45	15	30	45
	61–100	40	10	20	30
	101–150	35	5	10	15
	151–250	20	–	5	10
Торфяно-болотные	более 250	–	–	–	–
	200 и менее	60	20	40	60
	201–300	45	15	30	45
	301–500	30	10	20	30
Торфяно-болотные	501–800	20	–	5	10
	более 800	–	–	–	–
Улучшенные луговые земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	60 и менее	35	15	30	45
	61–100	30	10	20	30
	101–150	25	5	10	15
	151–250	10	–	5	10
Торфяно-болотные	более 250	–	–	–	–
	200 и менее	55	15	30	45
	201–300	40	10	20	30
	301–500	35	5	10	15
Торфяно-болотные	501–800	20	–	5	10
	более 800	–	–	–	–

Учитывая высокую стоимость фосфорных удобрений, рекомендуется на загрязненных землях обеспечить внесение минимального количества фосфора, необходимого для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур, а также достижение и поддержание нижней границы оптимального содержания подвижных фосфатов в почве.

Общая потребность в фосфорных удобрениях на загрязненных радионуклидами землях (тонн действующего вещества) определяется путем умножения площади пахотных или кормовых угодий (в гектарах) с данной плотностью загрязнения и содержанием фосфора в почве на нормативную дозу P_2O_5 .

Калийные удобрения. Калийные удобрения оказывают наиболее сильное влияние на снижение поступления цезия-137 в растения. Это обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур, особенно на бедных калием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах. Внесение дифференцированных доз (в зависимости от типа почв, содержания в них подвижного калия и плотности загрязнения цезием-137 и стронцием-90) калийных удобрений на слабообеспеченных подвижным калием почвах (<150 мг/кг почвы) уменьшает поступление в растения цезия-137 до 2,0 раза, а стронция-90 – до 1,5 раза.

По мере повышения загрязнения почв радионуклидами потребность в дополнительных дозах калия увеличивается. Установлено, что внесение калийных удобрений при сбалансированном азотно-фосфорном питании приводит не только к существенному уменьшению поступления из почвы в растения цезия-137, но и стронция-90. Особенно эффективно внесение повышенных доз калийных удобрений под многолетние травы, корнеплоды и картофель.

Исследования РУП «Институт почвоведения и агрохимии», проведенные с картофелем, показали, что внесение калийных удобрений на фоне азотно-фосфорных позволило снизить содержание цезия-137 в продукции до 2,7 раза. При содержании подвижного калия на уровне 150 мг/кг почвы увеличение доз калийных удобрений с 80 до 240 кг д. в./га снижало переход цезия-137 в 1,8 раза.

Ориентировочные среднегодовые основные и дополнительные дозы калийных удобрений с учетом плотности загрязнения почв радионуклидами приведены в табл. 13.3.

Таблица 13.3. Дозы калийных удобрений на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	Содержание K ₂ O, мг/кг почвы	Основные дозы K ₂ O, кг/га	Дополнительные дозы K ₂ O (кг/га), при плотности загрязнения, Ки/км ²		
			¹³⁷ Cs 1,0–4,9 ⁹⁰ Sr 0,15–0,29	¹³⁷ Cs 5,0–14,9 ⁹⁰ Sr 0,30–0,99	¹³⁷ Cs 15,0–40,0 ⁹⁰ Sr 1,00–3,00
Пахотные земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	80 и менее	100	50	100	150
	81–140	90	30	60	90
	141–200	80	20	40	60
	201–300	55	15	30	45
	более 300	–	–	–	–
Торфяно-болотные	200 и менее	140	40	80	120
	201–400	120	30	60	90
	401–600	100	20	40	60
	601–1000	60	10	20	30
	Более 1000	–	–	–	–
Луговые земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	80 и менее	80	40	80	120
	81–140	70	30	60	90
	141–200	60	20	40	60
	201–300	45	15	30	45
	более 300	–	–	–	–
Торфяно-болотные	200 и менее	100	40	80	120
	201–400	90	30	60	90
	401–600	80	20	40	60
	601–1000	60	10	20	30
	Более 1000	–	–	–	–

Микроудобрения. В системе агрохимических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур в зоне радиоактивного загрязнения большое значение приобретает применение микроудобрений. Недостаточное содержание подвижных форм микроэлементов в почве зачастую является фактором, лимитирующим формирование урожая сельскохозяйственных культур и качества продукции. Прибавка урожая от применения различных микроудобрений достигает 10–15 %, улучшается качество продукции, продлеваются сроки ее хранения снижается переход радионуклидов.

В условиях дефицита микроудобрений наиболее рациональными и экономически оправданными способами их внесения являются предпосевная обработка семян и некорневая подкормка растений в период вегетации. Их можно проводить как в виде самостоятельного техноло-

гического приема, так и совместно с макроудобрениями, средствами защиты и регуляторами роста растений.

Например, некорневая подкормка тимофеевки луговой марганцем в дозе 50 г/га обеспечивает снижение накопления цезия-137 и стронция-90 в продукции на 30–40 %, повышение содержания марганца в сене – на 34 % и урожайности – на 15–20 %.

Под сельскохозяйственные культуры рекомендуется применять те же дозы микроудобрений, что и на не загрязненных радионуклидами землях.

Микроудобрения необходимо вносить на почвах с pH_{KCL} более 6,0 I и II групп обеспеченности микроэлементами. На почвах III группы обеспеченности некорневые подкормки проводятся при интенсивных технологиях возделывания культур, ориентированных на получение высокой урожайности и качественной продукции.

Известкование. Внесение известковых мелиорантов является эффективным способом снижения поступления радионуклидов из почвы в растения. После внесения известковых удобрений в дозах, эквивалентных гидролитической кислотности, содержание стронция-90 и цезия-137 в растениях снижалось примерно в 1,5–2,5 раза, в отдельных случаях в 3 раза. Минимальное накопление радионуклидов в продукции растениеводства чаще наблюдается при оптимальных показателях кислотности почв (pH_{KCL}).

Особенности известкования кислых почв, загрязненных цезием-137 и стронцием-90, представлены в разделе 12.

14. РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

14.1. Расчет энергетической эффективности удобрений

Производство растениеводческой продукции в земледелии связано с затратами невозобновляемой энергии, в том числе и за счет применения удобрений. Поэтому важно разрабатывать и использовать энергосберегающие технологии, при которых меньше затрачивается энергии на производство растениеводческой продукции. Это требует знаний по основам расчета энергетической эффективности применения удобрений в прогрессивных технологиях.

Расчеты энергетической эффективности дают более объективное и долгосрочное представление об эффективности удобрений, чем эко-

номическая оценка эффективности удобрений. Это связано с тем, что стоимостные показатели меняются в зависимости от рыночной конъюнктуры, поэтому их можно использовать только для краткосрочного планирования. Суть энергетического анализа состоит в том, что все количественные показатели – фактическая прибавка урожая сельскохозяйственных культур от удобрений и затраты на применение удобрений – выражаются в энергетическом эквиваленте – джоулях. Джоуль (Дж) – это единица энергии, работы и количества теплоты в Международной системе единиц, $1 \text{ Дж} = 0,2388 \text{ кал}$. Более крупные единицы измерения энергии: $1 \text{ килоджоуль (кДж)} = 10^3 \text{ джоулей}$, $1 \text{ гигаджоуль (ГДж)} = 10^9 \text{ джоулей}$.

Основными показателями энергетической эффективности применения удобрений являются коэффициент энергетической эффективности и удельные энергетические затраты. Энергетический коэффициент (энергоотдача) – это отношение энергии, содержащейся в прибавке урожая от удобрений, к количеству энергии, затраченной на их применение. Его расчет производится по формуле

$$q = \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_o},$$

где q – коэффициент энергетической эффективности;

\mathcal{E}_n – количество энергии, содержащейся в прибавке основной продукции от удобрений, МДж;

\mathcal{E}_o – общие энергетические затраты на производство, доставку, хранение, подготовку, транспортировку и внесение минеральных и органических удобрений, уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая за счет удобрений, МДж.

Коэффициент энергетической эффективности больше единицы указывает на то, что удобрения используются эффективно.

Накапливаемая в основной и побочной продукции растениеводства энергия оценивается в джоулях. Содержание энергии в основной (хозяйственно ценной) продукции растениеводства с учетом побочной рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_n = \Pi \cdot K \cdot 100,$$

где \mathcal{E}_n – содержание энергии в основной продукции растениеводства, МДж/га;

Π – прибавка урожая от удобрений, ц/га;

К – количество энергии в 1 кг основной продукции в натуре (прил. 52), МДж;

100 – коэффициент пересчета ц в кг.

Энергозатраты на минеральные удобрения под культуры, связанные с их производством, рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E}_y = (D_N \cdot \mathcal{E}_N) + (D_P \cdot \mathcal{E}_P) + (D_K \cdot \mathcal{E}_K), \text{ МДж/га,}$$

где D_N , D_P , D_K – фактическая доза внесения соответственно азотных, фосфорных и калийных удобрений по д. в., кг/га;

\mathcal{E}_N , \mathcal{E}_P , \mathcal{E}_K – энергетические затраты на 1 кг д. в. азотных, фосфорных и калийных удобрений (прил. 53), МДж/га.

Затраты, связанные с подготовкой, погрузкой, транспортировкой и внесением минеральных удобрений:

$$\mathcal{E}_B = 171,4 + (8,0974D) + (1,2954P) + (2,804DP) - (0,1553 \cdot P^2),$$

где \mathcal{E}_B – общие энергозатраты на подготовку, погрузку, транспортировку и внесение удобрений, МДж/га;

D – доза удобрений в физической массе, ц;

P – расстояние перевозки удобрений от склада хозяйства до поля, км.

Затраты на доставку удобрений от прирельсовой базы в сельскохозяйственное предприятие в среднем в Беларуси составляют 22 МДж на 1 т · км, на хранение в складах хозяйства – 38,8 МДж/т. Средние энергозатраты на хранение, транспортировку и внесение 1 ц минеральных удобрений в зависимости от дальности перевозки приведены в прил. 56.

Энергозатраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений приводятся в прил. 54, а на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая за счет удобрений – в прил. 55. Общие затраты энергии при применении удобрений слагаются из энергозатрат на производство удобрений, их транспортировку, погрузку и внесение, а также на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая.

Например, требуется рассчитать энергетическую эффективность применения удобрений под озимую рожь. От хозяйства до базы 15 км. Под озимую рожь внесены минеральные удобрения в дозе $N_{110}P_{50}K_{120}$ (аммонийная селитра – 3 ц/га, аммофос – 1, хлористый калий – 2 ц/га) в физической массе.

У нас под озимую рожь внесено 280 кг NPK. В табл. 14.1 находим, что окупаемость 1 кг NPK у озимой ржи составляет 6,5 кг зерна. Следовательно, прибавка урожая зерна этой культуры от применения удобрений составит

$$18,2 \text{ ц } (280 \cdot 6,5 = 1\,820 \text{ кг}).$$

Зная, сколько содержится энергии в кг продукции в натуре (прил. 52), находим количество энергии, накопленное в прибавке урожая:

$$\mathcal{E}_n = \Pi \cdot K \cdot 100 = 18,2 \cdot 16,76 \cdot 100 = 30\,503 \text{ МДж}.$$

Рассчитываем по вышеприведенной формуле энергозатраты, связанные с производством минеральных удобрений:

$$\mathcal{E}_y = 110 \cdot 80 + 50 \cdot 51,5 + 120 \cdot 8,8 = 12\,431 \text{ МДж/га}.$$

Энергозатраты на доставку удобрений в хозяйство с базы:

$$\mathcal{E}_d = 0,6 \cdot 15 \cdot 22 = 198 \text{ МДж/га}.$$

Энергозатраты, связанные с хранением удобрений в хозяйстве:

$$\mathcal{E}_x = 0,6 \cdot 38,8 = 23 \text{ МДж/га}.$$

Энергозатраты на подготовку, погрузку, транспортировку (на 5 км) и внесение минеральных удобрений:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_b &= 171,4 + (8,0974 \cdot 6) + (1,2954 \cdot 5) + (2,804 \cdot 30) - (0,1553 \cdot 25) = \\ &= 315 \text{ МДж/га}. \end{aligned}$$

Общие энергозатраты \mathcal{E}_o , связанные с применением удобрений:

$$\mathcal{E}_{oy} = \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_d + \mathcal{E}_x + \mathcal{E}_b = 12\,431 + 198 + 23 + 315 = 12\,967 \text{ МДж/га}.$$

Рассчитываем также энергозатраты, связанные с уборкой, доработкой и реализацией прибавки урожая. Нормативы энергозатрат на уборку, доработку и реализацию прибавки урожая, полученного за счет применения удобрений, приведены в прил. 55. Энергозатраты на уборку, доработку и реализацию 1 ц прибавки урожая зерна составляют 328 МДж, а на всю прибавку

$$\mathcal{E}_n = 328 \cdot 18,2 = 5\,970 \text{ МДж}.$$

Общие энергозатраты (\mathcal{E}_0) на применение удобрений, уборку, до-работку и реализацию прибавки урожая составляют

$$\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_{oy} + \mathcal{E}_n = 12967 + 5970 = 18\,937 \text{ МДж.}$$

Таблица 14.1. Нормативы окупаемости удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственные культуры, продукция	Дозы удобрений		Прибавка, кг продукции		
	Органических, т/га	НРК, кг/га	на 1 т органических удобрений	на 1 кг НРК, в среднем	на 1 кг НРК, по баллу плодородия $O_{НРК} = 1,07 + 0,190x$, где x – балл
Зерновые и зернобобовые, зерно		250–400	25	7,0	$1,07 + 0,190x$
Озимая рожь, зерно	30–50	220–280	30	6,5	$1,09 + 0,173x$
Озимая пшеница, зерно	30–50	300–400	30	7,8	$1,30 + 0,208x$
Озимая тритикале, зерно	30–50	300–400	30	8,0	$1,34 + 0,213x$
Яровая пшеница, зерно	30–40	250–300	20	7,3	$1,22 + 0,195x$
Яровой ячмень, зерно		250–300	20	6,7	$1,12 + 0,179x$
Овес, зерно		220–280	20	6,3	$1,00 + 0,160x$
Гречиха, зерно		140–190		3,5	
Кукуруза, зерно	40–60	300–400	33	9,4	$1,57 + 0,250x$
Зернобобовые (горох), зерно		180–240		5,5	$0,95 + 0,152x$
Озимый рапс, семена		300–400		4,0	$0,67 + 0,107x$
Яровой рапс, семена		280–360		3,0	$0,50 + 0,080x$
Лен-долгунец, волокно		180–230		2,7	$0,45 + 0,072x$
Сахарная свекла, корни	60–70	400–500	150	55	$9,20 + 1,466x$
Картофель, клубни	40–60	200–300	105	27	$4,52 + 0,720x$
Кукуруза, зел. масса	60–80	300–450	190	60	$10,0 + 1,60x$
Многолетние травы на пашне, зел. масса		200–300		70	$11,72 + 1,866x$
Однолетние травы, зел. масса		150–200		48	$8,03 + 1,280x$
Все культуры на пашне, к. ед.		250–350	35	9,0	$1,51 + 0,240x$
Улучшенные сенокосы и пастбища, зел. масса		150–300		62	$11,72 + 1,866x$

Находим энергетический коэффициент (q), который представляет собой частное от деления выхода энергии с прибавкой урожая на общие энергозатраты, связанные с применением удобрений, уборкой,

доработкой и реализацией прибавки урожая, полученной от применения удобрений:

$$q = \frac{\Xi_n}{\Xi_o} = \frac{30503}{18937} = 1,6.$$

Поскольку биоэнергетический коэффициент получился больше единицы, применение удобрений под озимую рожь является оправданным с энергетической точки зрения.

Важным показателем являются также удельные энергозатраты на производство 1 ц сельскохозяйственной продукции.

Они определяются делением общих энергозатрат на прибавку урожая. В нашем примере удельные энергозатраты на производство 1 ц зерна озимой ржи составляют

$$18\ 937 : 18,2 = 1040,5 \text{ МДж.}$$

Все расчеты приведены в табл. 14.2.

Таблица 14.2. Энергетическая эффективность применения удобрений

Сельскохозяйственные культуры	Прибавка урожая, ц/га	Энергозатраты на удобрения, уборку, доработку и реализацию урожая, МДж	Содержание энергии в прибавке урожая, МДж	Удельные энергозатраты, МДж/ц	Биоэнергетический коэффициент
Озимая рожь	18,2	18 937	30 503	1040,5	1,6

При расчете затрат на производство, хранение, погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений под культуру с учетом их действия и последствия на последующие культуры севооборота 60 % из них необходимо относить на первый год, 25 % – на второй и 15 % – на третий. С учетом этого затраты на производство, хранение, погрузку, транспортировку и внесение навоза составят

$$B = A_1 + X_1 + Y_1,$$

где A_1 – затраты на производство органических удобрений, МДж/т физической массы (прил. 20);

X_1 – затраты на хранение органических удобрений, МДж/т физической массы (прил. 20);

Y_1 – затраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений, МДж/т (расстояние 5 км) (прил. 69).

14.2. Расчет экономической эффективности удобрений

Очень важное значение имеет экономическая оценка применения удобрений. Цены на удобрения и сельскохозяйственную продукцию меняются в зависимости от рыночной конъюнктуры, поэтому их можно планировать только для краткосрочного планирования.

На основании полученных данных – расчетной прибавки продукции на 1 кг NPK, прибавки урожая на 1 га за счет удобрений и нормативов затрат, связанных с применением удобрений, – определяются экономические показатели. Прибавка урожая за счет удобрений рассчитывается умножением дозы удобрений, вносимых под культуру, на нормативную окупаемость (1 кг NPK или 1 т органических удобрений (табл. 14.1, 14.3)). Основными показателями экономической эффективности удобрений являются: прибыль (чистый доход) на 1 га посева от применения удобрений и его производные – рентабельность, или прибыль на единицу произведенных затрат (один рубль, один долл. США, один Евро), на единицу внесенных удобрений (на 1 т NPK, на 1 т навоза).

Таблица 14.3. Цена балла плодородия почв Беларуси
(урожайность культур без удобрений)

Культуры	Вид продукции	Цена балла почв, кг продукции
Зерновые и зернобобовые	Зерно	60
Озимая рожь	Зерно	57
Озимая пшеница	Зерно	65
Озимая тритикале	Зерно	68
Яровая пшеница	Зерно	60
Ячмень	Зерно	60
Овес	Зерно	60
Гречиха	Зерно	30
Кукуруза	Зерно	73
Зернобобовые (горох)	Зерно	37
Озимый рапс	Семена	35
Яровой рапс	Семена	25
Лен-долгунец	Волокно	20
Сахарная свекла	Корнеплоды	600
Картофель	Клубни	340
Кукуруза	Зеленая масса	470
Многолетние бобово-злаковые травосмеси	Зеленая масса	365
Однолетние травы	Зеленая масса	265
Все с.-х. культуры на пахотных землях	Кормовые единицы	80
Улучшенные сенокосы и пастбища	Зеленая масса	350

Для определения прибавки предварительно рассчитывается стоимость прибавки урожая, полученного за счет удобрений, и затраты на получение прибавки урожая от удобрений. При расчете экономической эффективности применения удобрений при возделывании кукурузы на зеленую массу, однолетних и многолетних трав продуктивность этих культур переводят в кормовые единицы. Для этого используют коэффициенты пересчета, приведенные в прил. 57, 58.

Стоимость прибавки продукции, полученной за счет удобрений, может быть определена по закупочным ценам или усредненным ценам реализации продукции.

Ориентировочная оценочная средневзвешенная стоимость урожая всех сельскохозяйственных культур на пашне в эквиваленте кормовых единиц – 112,3 долл. США/т к. ед. Ориентировочная стоимость кормовых культур (зеленая масса кукурузы, однолетних трав, многолетних трав на пашне и улучшенных сенокосах и пастбищах по эквиваленту закупочной цены 1 т фуражного зерна ячменя и овса) – 76,0 долл. США/т к. ед.

Определение затрат на прибавку урожая от удобрений рассчитывается по формуле

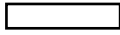
$$Z_{\text{NPK}} = Z_{\text{уд}} + Z_{\text{вн}} + Z_{\text{уб}},$$

где $Z_{\text{уд}}$ – затраты на приобретение минеральных удобрений в ассортименте с доставкой в хозяйство (цена + наценка Агросервиса);

$Z_{\text{вн}}$ – затраты на разгрузку, хранение, подготовку, погрузку, перевозку в поле и внесение удобрений;

$Z_{\text{уб}}$ – затраты на уборку, перевозку, доработку и реализацию прибавки урожая, полученной за счет удобрений.

Нормативы затрат на внесение минеральных и органических удобрений представлены в табл. 14.4, 14.5. Нормативы включают затраты на внесение минеральных удобрений при транспортировке их от базы Агросервиса до хозяйственного склада на расстояние от 20 до 50 км, а далее от склада до поля от 5 до 15 км по прямоточной технологии. Нормативы разработаны по видам удобрений (NPK) и по формам (твердые/жидкие).



1	2	3
Многолетние травы, улучшенные сенокосы	Зеленая масса	4,6
	Сенаж	9,8
	Прессованное сено	11,0
Морковь	Корни	27,9
Капуста белокочанная	Кочаны	14,0
Лук репка	Лук	28,8
<i>Стоимость уборки 1 т к. ед.</i>		25,0

Они разработаны с учетом современных технологий возделывания основных сельскохозяйственных культур (технологических карт).

Прибыль от применения удобрений (Π) на 1 га посева определяется по разности между стоимостью прибавки урожая (C_{Π}) от удобрений и затратами (Z_{Π}) на получение прибавки урожая от удобрений по формуле

$$\Pi = C_{\Pi} - Z_{\Pi}.$$

Важным информативным показателем является удельная прибыль на единицу затрат (Π_p), которая определяется делением прибыли, полученной от применения удобрений на 1 га посева, на сумму затрат на получение прибавки урожая от удобрений по формуле

$$\Pi_p = \Pi / Z_{\Pi}.$$

Рентабельность – это прибыль на 1 рубль, затраченный на применение удобрений, выраженная в процентах. Рентабельность определяется как произведение прибыли на 1 рубль затрат (Π_p), умноженной на 100, и выражается в процентах (%).

Прибыль на 1 т действующего вещества (Π_{NPK}) определяется делением величины прибыли на 1 га посева на дозу удобрений (D_{NPK}) и умножением на 1000 по формуле

$$\Pi_{\text{NPK}} = \Pi / D_{\text{NPK}}.$$

Пример расчета экономической эффективности применения удобрений под ячмень (в эквиваленте долл. США).

Исходные данные:

- прибавка урожая за счет действия минеральных удобрений, ц/га, – 19,6;

- внесено NPK, кг/га, – 292;

- внесено N, кг/га, – 117;

- внесено P, кг/га, – 46;

- внесено K, кг/га, – 129.

Стоимость прибавки урожая за счет минеральных удобрений – $(19,6 \cdot 126) : 10 = 247$ долл. США. Цена ячменя, поставляемого для продовольственных целей (1-й класс), составляет 126 долл. США (2022 год).

Затраты на приобретение удобрений (прил. 1) –

$[(117 \cdot 518) + (46 \cdot 932) + (129 \cdot 107)] : 1000 = 117,3$ долл. США.

Затраты 518, 932, 107.

Затраты на транспортировку и внесение удобрений –

$[(117 \cdot 71,5) + (46 \cdot 64,5) + (129 \cdot 44,1)] : 1000 = 17,0$ долл. США.

Из них затраты на NPK – 71,5, 64,5, 44,1 – табл. 14.4.

Затраты на уборку прибавки дополнительного урожая –

$(19,6 \cdot 33,0) : 10 = 64,7$. Затраты 33,0 – табл. 14.5.

Всего затрат, связанных с применением удобрений, – $117,3 + 17,0 + 64,7 = 199$ долл. США.

Прибыль от применения минеральных удобрений –

$247 - 199 = 48$ долл. США.

Прибыль на единицу затрат – $48 : 199 = 0,24$ долл. США.

Рентабельность применения минеральных удобрений – $0,24 \cdot 100 = 24$ %.

Для определения экономической эффективности удобрений необходимо ежегодно обновлять исходные данные по стоимости удобрений и стоимости прибавки урожая, поскольку цены на минеральные удобрения, закупочные цены или цены реализации продукции различных сельскохозяйственных культур ежегодно меняются. Использование усредненных нормативов затрат на уборку, доработку и реализацию прибавки урожая за счет удобрений (табл. 14.5) позволяет наиболее объективно сравнивать эффективность применения удобрений между крупными территориальными подразделениями (районами, областями). В отдельных хозяйствах, где имеются квалифицированные экономисты, предпочтительно использовать фактические затраты на уборку каждой культуры. Методическое сопровождение оценки эффективности удобрений по хозяйствам, районам и областям Беларуси, периодическое обновление нормативной базы для расчетов, обобщение и анализ полученных результатов проводит РУП «Институт почвоведения и агрохимии». В табл. 14.6, 14.7 приведены формы для расчета агрономической и экономической эффективности удобрений.

Таблица 14.6. Нормативы затрат на внесение твердых органических удобрений (навоз/ТНК) («франко-почва») на 1 т

Состав агрегата	Расстояние, км	Затраты на 1 т, эквивалент в USD
Прямоточная технология		
МТЗ-1522 + ПРТ-11 МТЗ-1522 + ПРТ-7А	5 км – 60 т/га	2,53/2,86
	5 км – 25 т/га	3,73/4,06
	10 км – 60 т/га	3,33/3,66
	10 км – 25 т/га	5,03/5,36
Перегрузочная технология		
МТЗ-1522 + ПРТ-11 МТЗ-1522 + ПРТ-7А	5 км – 60 т/га	3,47/3,80
	5 км – 25 т/га	4,54/4,87
	10 км – 60 т/га	4,27/4,60
	10 км – 25 т/га	5,84/6,17
Затраты на приготовление и хранение: соломистого навоза		1,02
ТНК		1,69

Таблица 14.7. Экономическая эффективность минеральных и органических удобрений (форма для расчета)

Наименование хозяйства	Баллы пашни	Урожай за счет плодородия	Внесено на 1 га		Прибавка за счет удобрений, ц/га	Урожайность, ц/га		Окупаемость, кг продукции	
			кг NPK	т органических удобрений		рас-четная	факти-ческая	кг NPK	т органических

15. ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Твердые минеральные удобрения. В зависимости от расстояния перевозок удобрений, наличия машин, доз удобрений, организации работ по подготовке, погрузке, транспортировке и внесению удобрений используют все три технологические схемы: прямоточную, перевалочную, перегрузочную.

При *прямоточной* схеме машины для внесения удобрений транспортируют и разбрасывают удобрения. Она эффективна при небольшой удаленности полей от склада, а также при использовании автомобильных разбрасывателей.

Перегрузочная и перевалочная схемы предполагают использование для перевозки транспортных средств, а для внесения – специализиро-

ванных машин для внесения удобрений. Перевалочная технология к тому же требует мест перевалки (оборудованные площадки или временные площадки на поле).

При *перегрузочной* технологии загруженные на складе удобрения доставляются на поле транспортными средствами (автосамосвалами, тракторными прицепами, автопогрузчиками и т. д.), затем их перегружают в машины для внесения (разбрасыватели, комбинированные сеялки и т. д.).

При *перевалочной* технологии удобрения загружают в транспортные средства, перевозят к местам внесения, там выгружают на временные площадки, а затем с помощью транспортных и других погрузчиков или вручную загружают в используемые для внесения агрегаты.

Для внесения удобрений используют прицепные и навесные тракторные центробежные разбрасыватели, автомобильные разбрасыватели, туковые сеялки. Выбор комплекса машин определяется приемом и способом внесения твердых минеральных удобрений.

Основное (разбросное) внесение твердых минеральных удобрений может осуществляться любыми машинами, представленными в табл. 15.1, 15.2. Основными техническими средствами для внесения твердых минеральных удобрений в республике являются машины с центробежными дисковыми распределяющими рабочими органами. Более перспективны для внесения таких удобрений штанговые (шнековые) машины типа СУ-12, РШУ-12 отечественного производства, которые более равномерно вносят удобрения по сравнению с центробежными разбрасывателями. В последнее время Бобруйскагромаш выпускает распределитель минеральных удобрений РУ-7000А.

Для внесения твердых минеральных удобрений целесообразно использовать современные разбрасыватели ведущих мировых производителей RAUCH (модели МДС 935, Аксис 30,1, ТВС 5000), GASPARDO (модели ZENO-18, XPL 800 и др.), AGREX (модели MAXI 4000), SIPMA, UNIA и др., которые позволяют вносить удобрения с неравномерностью не более 15 %.

В настоящее время отечественными производителями сельскохозяйственной техники созданы зернотуковые сеялки, осуществляющие припосевное внесение твердых минеральных удобрений (С-6-Т, СТВ-8КУ, СТВ-12У, СЗ-3,6). Для внесения минеральных удобрений можно использовать машины для внесения удобрений, комбинированные сеялки и агрегаты зарубежного производства.

Таблица 15.1. Машины для внесения твердых минеральных и известковых удобрений

Показатели	Марка машины						
	1-РМТ-4А	МВУ-6	МВУ-8	МВУ-16	СТТ-10	КСА-3	МХА-7
Агрегируется	МТЗ-80/82	МТЗ-80/82	Т-150	К-701	МТЗ-80/82	ЗИЛ-555	Урал-5557
Грузоподъемность, т	4	6	11	16	5	4	7
Ширина распределения удобрений, м	7–12	8–16	14,5–19,0	10,0–21,5	10,5–17,5	8,5–13,0	13,5–21,5
Доза внесения удобрений, кг/га	100–1000	150–10000	100–9700	100–1660	60–1320	100–8800	450–11010
Неравномерность внесения по ширине, ± %	25	20–22	25	20–22	11–17	25	25

Таблица 15.2. Машины для внесения удобрений белорусского производства

Машина	Марка машины	Объем бункера, л	Грузоподъемность, т	Ширина распределения удобрений, л	Рабочая скорость, км/ч	Неравномерность \pm внесения, %	Доза внесения удобрений, кг/га	Производительность, га/ч	Трактор, кл. т. с.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Известковые удобрения									
Машина для внесения химмелиорантов	МШХ-9		12	6,5	6–12	15	3–6	9	
Машина химизации самоходная	МСХ-10		12	10,8–22*	6–12	15	2000–6000, 150–100*	2,5, 6–12*	
Минеральные удобрения									
Рассеиватель минеральных удобрений	РУ-1600	1380	1,6	12–28	8–12	10–16	40–1100	25	0,9–1,4
– // –	РУ-3000	2470	3,0	12–28	8–12	10–16	40–1100	25	2,0
– // –	РУ-7000		7,0						
Машина для внесения твердых минеральных удобрений	МТТ-4У	3900	4,5	16–24	8–12	10	60–2500	9–21	0,9–1,4
– // –	АВУ-0,8	800	0,8	10–24	3–12	10	40–1000	25	0,9–2,0
– // –	АВУ-1,5	1500	1,5	10–24	3–12	10	40–1000	25	1,4–2,0
Машина штанговая для внесения минеральных удобрений	МШВУ-18	9	9	18	8–12	3,7	100–700	18–20	2,0–3,0
Разбрасыватель минеральных удобрений (дисковый)	РДУ-1,5	1100	1,5	10–24	3–12	10–16	50–500	12–16	1,4–2,0
– // –	РДУ-3,6		3,6	10–20	8–12	10–16	50–500	12–16	1,4–2,0
– // –	РДУ-8,5		8,5	10–28	8–12	10–16	50–500	16–20	1,4–2,0

Окончание табл. 15.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разбрасыватель минеральных удобрений	РРМУ «РОСА»	0,8	1,0	14–18	18–22	20	40–300	10–22	
Машина для подкормки с.-х. культур	РМУ-1,6		1,6	10–12	8–12	10	40–1000		
Рассеиватель минеральных удобрений	РМУ-8000		8,0						
Разбрасыватель минеральных удобрений	Л-116			8–24	6–15	10	40–1000	8–16	0,9–2,0
Сеялка для внесения минеральных удобрений	СУ-12-01	850		12	10–12	4	10–240	7–12	1,4–2,0
Подкормщик штанговый навесной	РШУ-12		0,55	10–12	10–11	8–11	60–300	7	1,4
Машина для внесения удобрений и семян многолетних трав	РУС-07А	580		12,5			45–1000	13	1,4
Минеральные удобрения (при посеве)									
Сеялка зернотуковая универсальная	С6-Т	240		6	15				1,4–2,0
Сеялка точного высева с внесением удобрений	СТВ-8КУ	280		4,8–6,0			40–400	2,2	1,4
Сеялка точного высева с внесением удобрений	СТВ-12У	80 и 160		5,4–6,0			60–600	3,2	1,4–2,0
Жидкие минеральные удобрения									
Машина для внесения жидких минеральных удобрений	АПЖ-12			12		5	80–300	10	1,4

Самоходный опры- скиватель	«РОСА-05»	0,6		10,5	20–40	0	10–60 (л)	60	
Твердые органические удобрения									
Машина для внесения твердых органических удобрений	МТТ-4		4,5	4–8			10–40		0,9
– // –	МТТ-9		9	4–8			20–60		0,9–1,4
Прицеп-разбрасыватель органических удобрений	ПРТ-7А		7,3	5–8			10–60		1,4
– // –	ПРТ-11		11,0	5–8			20–60		3,0
Жидкие органические удобрения									
Машина для внесения жидких органических удобрений	МЖТ-Ф6		6	6–12	7–12		10–60		1,4
– // –	МЖТ-Ф8		8	6–12	7–12		10–60		1,4–2,0
– // –	МЖТ-Ф11		11	6–12	7–12		10–60		2,0–3,0
– // –	МЖТ-Ф19		20	6–12	7–12		20–60		2,0–3,0

Не менее перспективно использование современных посевах комплексов, которые одновременно с посевом сельскохозяйственных культур вносят минеральные удобрения (LEMKEN и др.).

Поверхностная подкормка сельскохозяйственных культур доводится машинами, используемыми для основного внесения. При этом лучшей техникой, обеспечивающей более равномерное точное внесение твердых минеральных удобрений, являются туковые сеялки СУ-12, РШУ-12.

Жидкие минеральные удобрения. Работы по внесению жидких комплексных удобрений (ЖКУ) и карбамид-аммиачной селитры (КАС) также могут быть организованы по прямоточной, перегрузочной и перевалочной технологическим схемам. При этом прямоточная технология рациональна, если расстояние перевозки не превышает 25 км. Перегрузочная технология предполагает транспортировку жидких минеральных удобрений транспортными средствами, в частности, – автомобилями-цистернами АЦ-4,2, и заправки из них техники для внесения жидких минеральных удобрений. Для перевалочной технологии нужны полевые стационарные хранилища, из которых заправляются машины для внесения удобрений.

Поверхностное внесение жидких минеральных удобрений может выполняться машиной для внесения жидких минеральных удобрений АПЖ-12 и ее аналогами (ПОМ-2000, Микосан и др.). Для внутрипочвенного внесения ЖКУ используется машина ОВЖ-2000, которая одновременно проводит чизелевание почвы. Ее целесообразно использовать на склоновых землях.

Твердые органические удобрения от мест накопления к месту внесения доставляют по прямоточной (ферма – поле) и перевалочной (ферма – бурт – поле) технологическим схемам. При *прямоточной* технологии удобрение транспортируют и вносят на поле одними и теми же машинами для внесения органических удобрений. Такую схему используют только при небольших объемах работ и малом расстоянии перевозки (до 8 км от места накопления до поля).

Перевалочную технологию применяют на крупных животноводческих комплексах с большим выходом органических удобрений. По этой технологии удобрения от фермы вывозят на поле в течение всего года, укладывают в штабеля и в последующем распределяют по полю.

Перевалочная технология сокращает расстояние проездов машин для внесения удобрений. Для транспортировки удобрений применяют

универсальные тракторные прицепы или автомобили-самосвалы. На погрузке органических удобрений используют фронтально-перекидные и грейферные погрузчики.

Основными машинами для внесения твердых органических удобрений являются ПРТ-7А, ПРТ-11; МТТ-4, МТТ-9, МТУ-18.

При использовании гидросмыва на животноводческих комплексах получают жидкий навоз влажностью более 90 %. В качестве жидкого удобрения используют и навозную жижу.

Жидкие органические удобрения вносят поверхностным способом до посева с последующей заделкой в почву почвообрабатывающими орудиями и в подкормку. Различают несколько технологических схем внесения жидких органических удобрений:

1. *Прямоточная (прифермерское навозохранилище – жижезабрасыватель – поле)*. Удобрение из навозохранилища транспортируют и вносят прицепными цистернами-жижезабрасывателями, оборудованными для самозагрузки и поверхностного внесения. Экономически выгодно использование этой технологии на расстоянии не более 2–10 км.

2. *Перегрузочная технология (навозохранилище – транспортное средство – разбрасыватель на поле)*. В отличие от прямоточной эта технология предусматривает необходимость перегрузки навоза из транспортной машины в технологическую. Она включает загрузку удобрения из прифермерского навозохранилища в транспортную машину и доставку его до поля, перегрузку удобрения в полевой тракторный жижезабрасыватель и внесение жидкого навоза в поле.

3. *Перевалочная (прифермерское навозохранилище – транспортное средство – полевое хранилище – жижезабрасыватель – поле)*. Удобрение из навозохранилища транспортируют машинами для внесения жидкого навоза в полевое хранилище, из которого в установленные сроки внесения навоза загружают в цистерны разбрасыватели, с помощью которых распределяют его по полю.

4. *Комбинированная (прифермерское навозохранилище – трубопровод – жижезабрасыватель – поле)* включает выгрузку навоза из навозохранилища насосными установками и транспортировку его по трубопроводу, загрузку машин для внесения жидких органических удобрений через запорочные гидранты, транспортировку и внесение органических удобрений на поле. Для транспортировки навоза в поле используют разборные трубопроводы из комплектов поливных установок.

Для внесения жидких органических удобрений по этим схемам используют тракторные прицепы цистерны-жижеразбрасыватели МЖТ-Ф6, Ф8, Ф11, Ф19, МЖУ-20 и их аналоги. Эти машины оборудованы вакуумными заправочными устройствами, осуществляющими самозагрузку цистерны.

Внутрипочвенное внесение жидкого навоза может осуществляться инжекторами с различными системами заделки: культиваторного типа – на глубину 13–15 см (Terraflex), дискового типа – на глубину 3–5 см (Solodisc). Перспективно на холмистых землях использовать инжектор ABONO «DI».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агеец, В. Ю. Система радиозоологических контрмер в агрофере Беларуси / В. Ю. Агеец; РНИУП «Институт радиологии». – Минск, 2001. – 249 с.
2. Агрохимия. Практикум: учеб. пособ. / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 367 с.
3. Агрохимия: учеб. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: РИПО, 2011. – 300 с.
4. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
5. Агрохимия и система применения удобрений: учеб.-метод. пособие / С. Ф. Шекунова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 258 с.
6. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2019. – 258 с.
7. Агрохимия. Лабораторный практикум: учеб. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 276 с.
8. Батыршаев, Э. М. Агрохимия. Агрохимическое обслуживание сельского хозяйства: учеб.-метод. пособие / Э. М. Батыршаев, К. А. Гурбан; под ред. Э. М. Батыршаева. – Горки: БГСХА, 2021. – 109 с.
9. Сельскохозяйственная радиозоология / Р. М. Алексахин [и др.]; под ред. Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
10. Чистик, О. В. Ведение сельскохозяйственного производства на землях, загрязненных радионуклидами: учеб.-метод. пособие / О. В. Чистик, С. Е. Головатый, С. С. Позняк. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2008. – 208 с.
11. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.
12. Вильдфлуш, И. Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси: монография / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В. В. Лапа. – Минск: БИТ «Хата», 1999. – 196 с.
13. Городний, Н. Н. Агрохимия: учебник / Н. Н. Городний. – 4-е изд., перераб. и доп. – Киев: Аристей, 2008. – 936 с.
14. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель: утв. постановлением М-ва сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, 18 янв. 2019 г., № 5. – Минск, 2019. – 22 с.
15. Клебанович, Н. В. Известкование почв Беларуси / Н. В. Клебанович, Г. В. Василюк. – Минск: БГУ, 2003. – 322 с.
16. 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.
17. Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев. – М.: Колос, 2004. – 720 с.
18. Муравин, Э. А. Агрохимия: учебник / Э. А. Муравин. – М.: Колос, 2003. – 384 с.
19. Новикова, Н. Е. Минеральное питание растений и применение удобрений: учеб. пособие / Н. Е. Новикова, Н. Е. Самсонова. – Орел: Изд-во Орел ГАА, 2008. – 200 с.
20. Путятин, Ю. В. Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / Ю. В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 268 с.

21. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, МСХП РБ, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
22. Рациональное применение удобрений: учеб. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки, 2002. – 374 с.
23. Система применения удобрений: учебник / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 440 с.
24. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
25. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. акад. В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
26. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур: монография / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – 276 с.
27. Фатеев, А. И. Основы применения микроудобрений / А. И. Фатеев, М. А. Захарова. – Харьков: КП «Типография № 13», 2005. – 134 с.
28. Цыганов, А. Р. Биофизические основы рациональных способов внесения минеральных удобрений: монография / А. Р. Цыганов, А. М. Гордеев, И. Р. Вильдфлуш. – Горки: БГСХА, 2006. – 303 с.
29. Ягодин, Б. А. Агрохимия: учебник / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко; под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 584 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Стоимость 1 тонны минеральных удобрений

Форма удобрений	Без НДС			С НДС (18 %)
	Содержание д. в., %	долл.		
		1 т ф. в.	1 т д. в.	1 т д. в., долл.
1	2	3	4	5
Азотные удобрения				
Карбамид, высший сорт	46,2	181,2	392,2	463
Карбамид, первый сорт	46,2	181,2	392,1	463
Карбамид, второй сорт	46,2	181,1	392,0	463
Карбамид с гуматами	46,2	205,7	445,2	525
Среднее по карбамиду			392,1	463
Сульфат аммония, кристаллический	21	89,7	427,1	504
Сульфат аммония, защ. покрытие	21	94,0	447,4	528
Среднее по сульфату аммония			437,3	516
КАС	32	132,5	414,1	489
КАС	30	124,2	414,1	489
КАС	28	116,0	414,1	489
Среднее по КАС			414,1	489
Карбамид с гуматами	46,2	183,4	396,9	468
Поступает: карбамида				
сульфата аммония				
КАС				
Усредненный норматив без наценки СХХ			406,8	480
Усредненный норматив с наценкой СХХ 8 %			439,3	518
Среднее содержание азота				
Калийные удобрения				
Калий хлористый, гранулированный	60	49,2	82,0	97
Калий хлористый, мелкокристаллический	60	41,2	68,7	81
Поступает: гранулированный мелко- кристаллический				
Усредненный норматив без наценки СХХ			78,7	93
Усредненный норматив с наценкой СХХ 15 %			90,5	107
Среднее содержание калия				
Фосфорные удобрения				
Аммофос, всего NP	64	425,2	664,4	784
В т. ч.: N	12			
P ₂ O ₅	52			

Окончание прил. 1

1	2	3	4	5
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			723,9	854
Аммофос, всего NP	62	412,4	665,1	785
В т. ч.: N	12			
P ₂ O ₅	50			
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			727,1	858
Аммофос, всего NP	62	412,4	865,1	785
В т. ч.: N	12			
P ₂ O ₅	50			
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			805,0	950
Аммофос, всего NP	56	380,3	679,1	801
В т. ч.: N	10			
P ₂ O ₅	46			
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			738,3	871
Аммофос, всего NP	58	380,3	655,7	774
В т. ч.: N	10			
P ₂ O ₅	48			
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			707,5	835
Среднее по аммофосу			740,0	874
Суперфосфат аммонизированный, всего NP	38	269,6	709,4	837
В т. ч.: N	8			
P ₂ O ₅	30			
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			790,1	932
Суперфосфат аммонизированный, всего NP	32	227,3	710,4	838
В т. ч.: N	7			
P ₂ O ₅	25			
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			795,4	939
Суперфосфат аммонизированный, всего NP	29	204,6	705,7	833
В т. ч.: N	7			
P ₂ O ₅	22			
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			800,8	945
Суперфосфат аммонизированный, всего NP	26	183,6	706,3	833
В т. ч.: N	7			
P ₂ O ₅	19			
Стоимость 1 т P ₂ O ₅ за вычетом доли азота			816,7	964
Среднее по суперфосфату			788,2	930
Среднее по АФК с учетом ассортимента			967,2	1141
Поступает (%):				
аммофоса				
суперфосфата аммонизированного				
АФК				
Усредненный норматив без наценки СХХ			766,6	905
Усредненный норматив с наценкой СХХ 3 %			789,6	932
Среднее содержание фосфора				

Средние дозы органических удобрений под сельскохозяйственные культуры

Культура	Подстилочный навоз, компост, т/га	Жидкий навоз, кг/га азота	
		КРС	Свины
Картофель: столовый	40–50	–	–
фуражный	50–70	140–200	110–150
Сахарная свекла	60–70	–	–
Кормовые корнеплоды	70–80	200–250	150–180
Кукуруза	70–80	200–250	150–180
Овощные культуры	20–80	–	–
Озимые зерновые	30–40	–	–
Однолетние травы	30–40	80–100	60–80
Многолетние злаковые и бобово-злаковые травы: при перезалужении	30–40	80–100	60–80
при подкормке	–	150–250	130–180
Луговые земли	–	140–200	110–150

Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур на 20__ год
Хозяйство _____ Район _____ Область _____

Код формы 03529095

Код хозяйства 0000000		Количество заполненных строк 000				Площадь сельскохозяйственных угодий, га 000000,0					
Номер строки	Площадь поля (рабочего участка), га	Номера элементарных участков, входящих в поле (рабочий участок)	Балл плодородия поля (рабочего участка)	Код предшественника	Культура (1-я – основная, 2-я – повторная, 3-я – озимые урожая будущего года)					Плотность загрязнения, Ки/км ²	
					Код вегетации	Код культуры	Планируемая урожайность, ц/га	Планируемое внесение органических удобрений		Цезий	Стронций
								Код удобрения	Доза, т/га		
000	000,0	000	00	000	0	000	0000,0	00	000	00,00	0,00
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

М.П. _____ **Дата заполнения**
 « _____ » _____ 20 _____ г.

Заполнил
Гл. агроном

Размещение посевов и планируемая урожайность сельскохозяйственных культур на 20__ год
Хозяйство _____ Район _____ Область _____

Код формы 03529095

Код хозяйства 0000000		Количество заполненных строк 000						Площадь сельскохозяйственных угодий, га 000000,0						
Номер стро- ки	Пло- щадь поля (рабо- чего участ- ка), га	РН _{ксл}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Гумус, %	Балл пло- дородия поля (рабо- чего участка)	Код предше- ственника	Культура (1-я – основная, 2-я – повторная, 3-я – озимые урожая будущего года)					Плотность загрязнения, Ки/км ²	
								Код вегетаци- и	Код культуры	Планируе- мая уро- жайность, ц/га	Планируемое внесение орга- нических удоб- рений		Це- зий	Строн- ций
											Код удобре- ния	До- за, т/га		
000	000,0	0,00	000	000	0,00	00	000	0	000	0000,0	00	000	00,00	0,00
1	2		3			4	5	6	7	8	9	10	11	12

М.П. _____ **Дата заполнения**
 « _____ » _____ 20__ г.

Заполнил
Гл. агроном

Количество и ассортимент минеральных удобрений, подлежащих распределению
Хозяйство _____ Район _____ Область _____

Код хозяйства 0000000	Количество заполненных строк 000	Площадь сельскохозяйственных угодий, га 000000,0	
Виды и формы удобрений	Код удобрений	Количество удобрений	
		кг в действующем веществе	кг в физической массе
Азотные (наличие) Формы:			
Фосфорные (наличие) Формы:			
Калийные (наличие) Формы:			
Микроудобрения			
Прочие удобрения			

М.П. _____ **Дата заполнения**
 « _____ » _____ 20 ____ г.

Заполнил
Гл. агроном

**Классификатор сельскохозяйственных культур и удельный вынос
элементов питания урожаем**

Культура	Основная продукция	Код	Вынос урожаем, кг с 10 ц основной и соответствующего количества побочной продукции		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6
Озимая пшеница	Зерно	111	28,2	10,8	19,2
Озимая рожь	- « -	112	28,0	12,1	23,3
Озимая тритикале	- « -	113	26,0	11,5	21,0
Озимый ячмень	- « -	114	25,0	11,1	25,0
Озимая пшеница + травы	- « -	116	28,2	10,8	19,2
Озимая рожь + травы	- « -	117	28,0	12,1	23,3
Озимая тритикале + травы	- « -	118	26,0	11,5	21,0
Озимый ячмень + травы	- « -	119	25,0	11,1	25,0
Озимые зерновые	Зеленая масса	633	4,8	1,2	3,9
Озимые зерновые + травы	Зеленая масса	634	4,8	1,2	3,9
Яровая пшеница	Зерно	121	30,4	11,6	24,7
Яровая тритикале	- « -	123	26,0	11,5	21,0
Яровой ячмень	- « -	124	29,1	11,9	27,4
Овес	- « -	125	25,9	12,4	28,6
Кукуруза	- « -	126	29,5	11,5	32,9
Просо	- « -	127	30,0	12,0	30,0
Гречиха	- « -	128	37,5	19,8	48,2
Яровая пшеница + травы	- « -	131	30,4	11,6	24,7
Яровая тритикале + травы	- « -	133	26,0	11,5	21,0
Яровой ячмень + травы	- « -	134	29,1	11,9	27,4
Овес + травы	- « -	135	25,9	12,4	28,6
Зерновые в среднем	- « -	136	28,5	12,5	26,5
Яровые зерновые	Зеленая масса	635	4,2	1,2	3,6
Яровые зерновые + травы	- « -	636	4,2	1,2	3,6
Кукуруза	- « -	581	3,3	1,2	4,2
Горох	Зерно	211	58,9	14,0	29,0
Пелюшка	- « -	212	63,6	24,9	35,6
Кормовые бобы	- « -	213	60,0	18,0	38,0
Фасоль	- « -	214	45,0	10,7	37,9
Вика яровая	- « -	215	60,0	18,0	38,0
Сераделла	- « -	216	60,0	18,0	38,0
Люпин	- « -	217	84,3	19,9	44,0
Зернобобовые в среднем	- « -	218	61,7	17,6	37,2
Горох	Зеленая масса	611	6,5	1,5	5,0
Пелюшка	- « -	612	4,5	1,1	3,5
Кормовые бобы	- « -	613	3,2	1,0	3,5

Продолжение прил. 6

1	2	3	4	5	6
Вика	- « -	614	4,5	1,1	3,5
Сераделла	- « -	615	4,7	1,2	4,0
Люпин	- « -	616	5,4	1,7	3,9
Однолетние бобовые травы	- « -	617	4,8	1,3	3,9
Однолетние бобовые травы	Сено	618	22,8	5,6	18,0
Горохо-овсяная смесь	Зерно	221	45,5	13,4	24,4
Пелюшко-овсяная смесь	- « -	222	42,5	17,8	28,2
Вико-овсяная смесь	- « -	223	43,1	15,4	30,9
Смесь бобово-злаковых трав	- « -	224	43,7	15,5	27,8
Однолетние бобово-злаковые	Зеленая масса	620	4,5	1,3	4,3
Однолетние бобово-злаковые	Сено	621	17,4	5,4	25,9
Лен-долгунец	Волокно	411	58,1	22,9	73,0
Конопля	Волокно	412	60,2	32,8	50,4
Сахарная свекла	Корни	413	4,0	1,6	6,5
Картофель столовый	Клубни	511	5,4	1,6	10,7
Картофель семенной	Клубни	512	5,4	2,2	9,8
Картофель технический	Клубни	513	5,4	2,0	9,5
Кормовая свекла	Корни	561	3,5	1,1	7,8
Кормовая брюква	- « -	562	3,0	1,0	4,3
Куузику	- « -	563	3,4	1,3	4,5
Турнепс	- « -	564	2,7	1,0	3,7
Кормовые корнеплоды	- « -	565	3,0	1,1	5,1
Кормовая морковь	- « -	566	2,6	1,0	5,0
Капуста кормовая	Зеленая масса	567	3,9	1,6	5,3
Капуста белокочанная	Овощи	521	4,0	1,0	4,3
Огурцы	- « -	522	1,3	0,5	2,3
Томаты	- « -	523	1,6	0,5	2,8
Свекла столовая	Корни	524	5,0	1,6	7,4
Морковь столовая	Корни	525	3,4	1,1	4,5
Лук-репка	Овощи	526	3,0	1,2	4,0
Зеленные овощи	- « -	527	3,0	1,0	4,5
Семенники капусты	Семена	531	70,0	35,0	36,0
Семенники свеклы	- « -	532	80,0	40,0	41,0
Семенники моркови	- « -	533	70,0	35,0	42,0
Семенники капустных	- « -	534	70,0	35,0	36,0
Озимый рапс	- « -	431	58,0	29,0	26,0
Яровой рапс	- « -	432	55,0	30,0	30,0
Сурепица	- « -	433	53,0	20,0	21,0
Горчица	- « -	434	57,0	20,0	23,0
Редька масличная	- « -	435	50,0	20,0	32,0
Крестоцветные в среднем	- « -	436	54,6	23,8	26,4
Сурепица	Зеленая масса	641	3,4	0,7	4,6
Горчица	- « -	642	4,2	1,0	5,1
Яровой рапс	- « -	643	5,0	1,0	4,9

1	2	3	4	5	6
Озимый рапс	- « -	644	5,0	0,7	4,7
Редька масличная	- « -	645	4,3	1,3	5,5
Крестоцветные в среднем	- « -	646	4,4	0,9	5,0
Однолетние бобово-злаковые + многолетние травы	- « -	651	4,5	1,3	4,3
Однолетние злаковые травы	Сено	652	13,9	5,5	25,4
Райграс однолетний	Сено	653	16,6	7,0	38,5
Однолетние злаковые травы	Семена	654	195,0	75,0	185,0
Райграс однолетний	Семена	655	195,0	75,0	185,0
Амарант	Зеленая масса	656	2,8	2,0	7,0
Райграс однолетний + многолетние травы	- « -	657	3,9	1,7	9,2
Однолетние злаковые травы	- « -	658	2,8	1,1	5,1
Многолетние злаковые травы	Сено	681	14,9	4,5	24,1
Тимофеевка луговая	- « -	682	17,6	7,0	24,0
Ежа сборная	- « -	683	23,3	8,0	25,6
Овсяница луговая	- « -	684	21,1	7,5	24,9
Райграс пастбищный	- « -	685	16,3	6,2	20,2
Многолетние злаковые травы	Зеленая масса	686	3,0	0,9	4,8
Многолетние бобово-злаковые травы	Сено	687	17,3	5,4	25,7
Многолетние бобово-злаковые травы	Зеленая масса	688	3,5	1,1	5,1
Многолетние бобовые травы	Сено	691	23,4	5,1	27,2
Люцерна	- « -	692	27,3	5,8	23,7
Клевер луговой	- « -	693	21,4	4,8	25,2
Галега восточная (козлятник)	- « -	694	29,7	3,8	13,1
Многолетние бобовые травы	Зеленая масса	695	4,3	1,0	4,4
Многолетние злаковые травы	Семена	696	195,0	75,0	185,0
Многолетние бобовые травы	Семена	698	260,0	65,0	200,0
Сенокосы естественные	Сено	711	16,8	2,6	20,7
Сенокосы культурные	Сено	712	16,1	4,9	22,0
Сенокосы культурные	Зеленая масса	713	3,2	1,0	4,4
Пастбища естественные	- « -	721	4,3	0,6	6,2
Пастбища культурные	- « -	722	5,3	0,8	4,9
Пастбища культурные	Сено	723	19,4	5,9	24,3
Плодовые деревья	Фрукты	813	5,0	1,6	5,5
Ягодники	Ягоды	814	9,1	2,9	9,5
Растениеводческая продукция на 10 ц к. ед.	К. ед.	815	21,0	8,0	22,0

**Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур,
коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам возврата
для расчета доз азотных удобрений на дерново-подзолистых суглинистых
и супесчаных почвах, подстилаемых мореной***

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Базовая урожайность (Уб), ц/га	Коэффициент возврата (Кв), %	Поправочная величина к коэффициенту возврата (Пк)
Озимая пшеница	Зерно	20	71	0
Озимая рожь	- « -	20	71	0,275
Озимая тритикале	- « -	20	77	0
Озимый ячмень	- « -	20	80	0
Яровая пшеница	- « -	20	66	0,425
Яровой ячмень	- « -	20	69	0,425
Яровая тритикале	- « -	20	77	0,475
Овес	- « -	20	77	0,475
Озимый рапс	Семена	10	69	0,133
Яровой рапс	Семена	10	73	0,600
Гречиха	Зерно	5	133	1,760
Лен-долгунец	Волокно	3	86	3,875
Картофель	Клубни	150	62	0,024
Сахарная свекла	Корни	200	75	0,030
Кукуруза	Зеленая масса	200	91	0,038
Кормовые корнеплоды	Корни	200	57	0
Однолетние злаковые травы	Сено	30	144	0,829
Однолетние бобово-злаковые травы	Зеленая масса	100	67	0,068
Однолетние крестоцветные	Зеленая масса	100	91	0,103
Многолетние злаковые травы	Сено	30	134	0,471
Многолетние бобово-злаковые травы	- « -	30	77	0,357
Сенокосы	- « -	20	124	0,310
Пастбища	Зеленая масса	100	94	0,074

*Наряду с культурами, приведенными в прил. 3–10, указанные показатели базовой урожайности, коэффициентов возврата и поправочных величин к коэффициентам возврата действительны и для других групп культур согласно прил. 15.

Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур, коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам возврата для расчета доз азотных удобрений на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Базовая урожайность (Уб), ц/га	Коэффициент возврата (Кв), %	Поправочная величина к коэффициенту возврата (Пк)
Озимая рожь	Зерно	15	83	0,480
Озимая тритикале	- « -	15	103	0,640
Озимый ячмень	- « -	15	107	0,680
Яровой ячмень	- « -	15	92	0,760
Яровая тритикале	- « -	15	103	0,840
Овес	- « -	15	103	0,840
Озимый рапс	Семена	10	78	0,400
Яровой рапс	Семена	10	82	0,870
Гречиха	Зерно	5	160	2,67
Картофель	Клубни	150	68	0,050
Кукуруза	Зеленая масса	150	91	0
Кормовые корнеплоды	Корни	200	64	0,005
Однолетние злаковые травы	Сено	20	144	0,900
Однолетние бобово-злаковые травы	Зеленая масса	100	78	0,095
Однолетние крестоцветные	- « -	100	102	0,205
Многолетние злаковые травы	Сено	20	151	0,975
Многолетние бобово-злаковые травы	- « -	20	87	0,375
Сенокосы	- « -	20	140	0,650
Пастбища	Зеленая масса	100	94	0,125

**Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур,
коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам
возврата для расчета доз азотных удобрений на торфяно-болотных почвах**

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Базовая урожайность (Уб), ц/га	Коэффициент возврата (Кв), %	Поправочная величина к коэффициенту возврата (Пк)
Озимая пшеница	Зерно	30	24	0
Озимая рожь	- « -	30	24	0
Озимая тритикале	- « -	30	26	0
Озимый ячмень	- « -	30	27	0
Яровая пшеница	- « -	30	27	0
Яровой ячмень	- « -	30	29	0
Яровая тритикале	- « -	30	32	0
Овес	-«-	30	32	0
Картофель	Клубни	150	25	0,008
Кормовые корнеплоды	Корни	200	29	0,010
Однолетние злаковые травы	Сено	30	72	0,414
Однолетние бобово-злаковые травы	Зеленая масса	150	22	0,017
Однолетние крестоцветные	Зеленая масса	100	45	0,045
Многолетние злаковые травы	Сено	30	67	0,286
Многолетние бобово-злаковые травы	- « -	30	39	0,271
Сенокосы	- « -	30	62	0,289
Пастбища	Зеленая масса	100	57	0,070

Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур, коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам возврата для расчета доз фосфорных удобрений на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Уб, ц/га	Содержание P ₂ O ₅ (0,2 М НСl) в пахотном горизонте, мг/кг									
			<100		101–150		151–200		201–300		301–400	
			Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк
Озимые зерновые	Зерно	20	219	1,100	175	0,725	132	0,200	88	-0,350	44	-0,350
Яровые зерновые	- « -	20	210	1,400	168	1,050	126	0,350	84	0	42	0
Зернобобовые	- « -	15	189	0,400	152	0	114	0	76	0	38	0,433
Озимый рапс	Семена	10	172	1,700	138	1,167	103	0,400	69	0	34	0
Яровой рапс	Семена	10	167	1,967	133	1,367	100	0,700	67	0,433	33	0,133
Гречиха	Зерно	5	303	4,040	253	3,400	202	2,000	152	2,040	101	2,000
Лен-долгунец	Волокно	3	728	31,500	582	23,125	437	10,000	291	1,625	146	5,875
Картофель	Клубни	150	211	0,212	140	0,032	105	0	70	-0,032	35	-0,072
Сахарная свекла	Корни	200	219	0,158	188	0,133	156	0,078	94	0,028	31	-0,028
Кукуруза	Зеленая масса	200	250	0,140	208	0,138	167	0,070	83	-0,035	42	-0,035
Кормовые корнеплоды	Корни	200	227	0,064	136	-0,023	91	-0,043	68	-0,019	45	0,007
Однолетние травы	Зеленая масса	100	231	0,155	192	0,095	154	0,078	115	0,095	77	0,115
Многолетние травы	Сено	30	333	0,757	300	0,857	267	0,957	200	0,857	67	-0,186
Сенокосы	Сено	20	306	1,020	255	0,800	204	0,580	153	0,510	102	0,440
Пастбища	Зеленая масса	100	375	0,166	313	0,126	250	0,084	188	0,084	125	0,084

Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур, коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам возврата для расчета доз фосфорных удобрений на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Уб, ц/га	Содержание P ₂ O ₅ (0,2 М HCl) в пахотном горизонте, мг/кг							
			<100		101–150		151–200		201–300	
			Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк
Озимые зерновые	Зерно	15	234	2,360	205	2,040	146	0,560	88	0
Яровые зерновые	- « -	15	224	3,080	196	2,800	140	1,400	84	0,840
Зернобобовые	- « -	10	227	3,300	199	2,850	170	3,300	114	2,400
Озимый рапс	Семена	10	155	2,067	121	1,200	86	0,667	69	1,400
Яровой рапс	Семена	10	133	2,200	100	1,333	67	0	50	0,667
Гречиха	Зерно	5	353	7,533	252	4,200	202	4,200	152	4,267
Картофель	Клубни	150	193	0,215	123	0,015	105	0,075	88	0,100
Кукуруза	Зеленая масса	150	250	0,168	167	0,084	111	0,028	83	0,080
Кормовые корнеплоды	Корни	200	205	0,095	114	0	91	0	68	0,018
Однолетние травы	Зеленая масса	100	231	0,260	192	0,255	154	0,195	115	0,190
Многолетние травы	Сено	20	350	1,675	300	1,250	250	1,250	200	1,675
Сенокосы	Сено	20	306	1,275	255	0,850	204	1,275	153	1,275
Пастбища	Зеленая масса	100	375	0,310	313	0,210	250	0,310	188	0,315

Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур, коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам возврата для расчета доз фосфорных удобрений на торфяно-болотных почвах

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Уб, ц/га	Содержание P ₂ O ₅ (0,2 М НСl) в пахотном горизонте, мг/кг									
			<200		201–400		401–600		601–800		801–1000	
			Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк
Озимые зерновые	Зерно	30	234	1,467	190	0,967	146	0,467	102	0	58	0
Яровые зерновые	- « -	30	182	0,467	140	0	112	0	84	0	56	0
Зернобобовые	- « -	15	208	0,400	170	0,200	133	0,233	95	0,233	57	0,200
Картофель	Клубни	150	228	0,228	158	0,052	140	0,060	105	0,024	70	0,044
Кормовые корнеплоды	Корни	200	250	0,083	159	-0,004	114	-0,024	91	0,007	68	0,033
Однолетние травы	Зеленая масса	150	256	0,203	179	0,071	154	0,089	128	0,103	77	0,043
Многолетние травы	Сено	30	367	0,957	333	1,043	267	0,957	167	0,386	67	0
Сенокосы	Сено	20	306	0,680	255	0,510	204	0,510	153	0,510	102	0,420
Пастбища	Зеленая масса	100	375	0,166	313	0,126	250	0,124	188	0,126	125	0,104

Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур, коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам возврата для расчета доз калийных удобрений на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Уб, ц/га	Содержание K ₂ O (0,2 М НСl) в пахотном горизонте, мг/кг									
			<80		81–140		141–200		201–300		301–400	
			Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк
Озимые зерновые	Зерно	20	136	0,750	102	0,100	68	-0,375	45	-0,575	34	-0,275
Яровые зерновые	- « -	20	120	0,675	100	0,500	80	0,175	40	-0,675	30	-0,075
Зернобобовые	- « -	15	143	1,767	125	1,367	108	1,000	72	0	36	0,200
Озимый рапс	Семена	10	231	2,567	192	1,900	154	1,300	115	0,933	77	0,967
Яровой рапс	Семена	10	200	2,500	167	2,233	133	1,367	100	1,233	67	1,133
Гречиха	Зерно	5	207	4,120	166	3,320	124	2,200	83	1,520	62	1,240
Лен-долгунец	Волокно	3	274	10,875	228	6,750	183	2,625	137	0	68	0,750
Картофель	Клубни	150	47	0,028	33	-0,008	27	-0,012	20	-0,020	13	-0,008
Сахарная свекла	Корни	200	62	0,028	54	0,025	38	0	31	0	15	0
Кукуруза	Зеленая масса	200	95	0,040	83	0,050	60	0,010	48	0	24	0
Кормовые корнеплоды	Корни	200	38	-0,014	26	-0,021	19	-0,013	13	-0,004	10	0,001
Однолетние травы	Зеленая масса	100	163	0,175	116	0,080	93	0,058	70	0,048	35	0,030
Многолетние травы	Сено	30	130	0,743	117	0,614	104	0,600	65	0,157	32	0,129
Сенокосы	Сена	20	159	0,760	136	0,600	114	0,500	68	0,150	45	0,220
Пастбища	Зеленая масса	100	143	0,136	122	0,108	102	0,088	61	0,026	41	0,042

Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур, коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам возврата для расчета доз калийных удобрений на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Уб, ц/га	Содержание K ₂ O (0,2 М НСl) в пахотном горизонте, мг/кг							
			<80		81–140		141–200		201–300	
			Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк
Озимые зерновые	Зерно	15	181	2,280	121	0,760	90	0,200	60	-0,320
Яровые зерновые	- « -	15	160	1,600	107	0,280	80	0	53	-0,480
Зернобобовые	- « -	10	175	2,500	148	1,600	121	0,650	81	0
Озимый рапс	Семена	10	250	4,333	173	1,267	135	0,800	77	-1,000
Яровой рапс	Семена	10	217	2,933	150	0,200	117	-0,200	67	-0,867
Гречиха	Зерно	5	228	4,800	187	4,200	145	3,467	83	1,400
Картофель	Клубни	150	50	0,050	37	0,015	30	0,005	20	-0,015
Кукуруза	Зеленая масса	150	79	-0,016	63	-0,008	48	0	32	0,008
Кормовые корнеплоды	Корни	200	45	-0,005	32	-0,015	22	-0,020	16	-0,003
Однолетние травы	Зеленая масса	100	174	0,290	128	0,175	105	0,135	81	0,115
Многолетние травы	Сено	20	156	1,150	136	0,975	117	0,825	78	0,175
Сенокосы	Сено	20	182	1,325	159	1,125	125	0,675	80	0,100
Пастбища	Зеленая масса	100	163	0,235	143	0,205	112	0,120	71	0,015

Базовая (минимальная) урожайность сельскохозяйственных культур, коэффициенты возврата и поправочные величины к коэффициентам возврата для расчета доз калийных удобрений на торфяно-болотных почвах

Сельскохозяйственная культура	Вид продукции	Уб, ц/га	Содержание K ₂ O (0,2 МНCl) в пахотном горизонте, мг/кг									
			<200		201–400		401–600		601–1000		1001–1300	
			Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк	Кв, %	Пк
Озимые зерновые	Зерно	30	136	0,767	98	0	83	0	53	-0,467	38	-0,233
Яровые зерновые	- « -	30	120	0,667	100	0,433	87	0,467	47	-0,433	33	-0,133
Зернобобовые	- « -	15	161	2,167	143	1,767	116	1,067	81	0,100	36	0
Картофель	Клубни	150	50	0,028	37	0	30	-0,008	20	-0,020	13	-0,008
Кормовые корнеплоды	Корнеплоды	200	45	-0,007	32	-0,014	22	-0,013	16	-0,001	13	0,004
Однолетние травы	Зеленая масса	150	140	0,109	124	0,089	101	0,049	78	0,063	39	0,031
Многолетние травы	Сено	30	143	0,814	130	0,743	117	0,671	71	0,186	39	0,114
Сенокосы	Сено	20	182	0,910	159	0,790	125	0,530	80	0,230	57	0,270
Пастбища	Зеленая масса	100	163	0,162	143	0,144	112	0,094	71	0,040	51	0,048

Классификатор органических удобрений и потребление из них элементов питания

Вид удобрения	Код	Потребление из 1 т, первый год						Потребление из 1 т, второй год		
		кг			г			кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Cu	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Навоз крупного рогатого скота: на соломенной подстилке	11	0,90	0,50	2,00	0,5	0,7	5,4	0,50	0,15	0,48
на торфяной подстилке	12	0,68	0,41	1,60	0,6	0,5	3,6	0,42	0,11	0,38
полужидкий	13	0,80	0,42	2,00	0,6	0,7	3,0	0,40	0,11	0,34
жидкий	14	0,55	0,32	1,57	0,4	0,5	1,9	0,27	0,10	0,26
Навоз свиной: на соломенной подстилке	31	0,84	0,70	2,24	0,9	0,9	7,8	0,42	0,30	0,53
полужидкий	33	0,72	0,25	1,65	0,9	1,2	12,8	0,35	0,11	0,25
Торфо-навозный компост (1:1)	34	0,60	0,22	1,00	0,6	0,7	8,0	0,29	0,10	0,15
Торфо-навозный компост (1:2)	50	0,15	0,15	0,40	0,2	0,2	0,8	0,04	0,08	0,13
Навоз лошадей	71	0,70	0,35	1,80	0,6	0,4	2,0	0,30	0,14	0,29
Навоз овец	72	0,40	0,27	0,74	0,9	0,7	2,0	0,30	0,14	0,29
Птичий помет	20	1,04	0,77	2,75	–	–	–	0,70	0,33	0,66
Торфо-пометный компост (1:1)	40	2,07	0,60	2,80	1,9	2,9	6,0	0,82	0,24	0,60
Торфо-пометный компост (1:2)	60	3,28	4,00	2,75	1,1	0,4	19,5	1,64	1,95	0,66
Торфо-жижевый компост (2:1)	74	2,04	2,05	1,50	1,2	0,5	10,8	1,02	0,98	0,30
Сапропели органические	75	2,44	2,50	1,50	1,1	0,5	13,8	1,22	1,20	0,30
Зеленое удобрение	73	0,95	0,15	0,50	1,0	0,5	4,1	0,40	0,05	0,20

Справочник контроля предельных доз минеральных удобрений

Культура	Код	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		min	max	min	max	min	max
1	2	3	4	5	6	7	8
Озимые зерновые (зерно)	111–114, 136	20	120	10	150	20	180
Озимые зерновые + травы	116–119	20	90	10	180	20	180
Озимые (зеленая масса)	633	20	150	10	90	20	130
Озимые (зеленая масса) + травы	634	20	90	10	180	20	180
Яровые зерновые (зерно)	121, 127 123–125	20	120	10	150	20	180
Яровые зерновые + травы	131–135	20	60	10	180	20	180
Яровые (зеленая масса)	635	20	150	10	90	20	130
Яровые (зеленая масса) + травы	636	20	60	10	180	20	180
Гречиха	128	20	60	10	120	20	130
Зернобобовые (зерно)	211–216, 218	20	40	10	150	20	170
Люпин (зерно)	217	0	0	10	120	20	150
Зернобобовые (зеленая масса)	611–616	20	50	10	150	20	150
Бобово-злаковые смеси (зерно)	221–224	20	50	10	140	20	150
Бобово-злаковые смеси (зеленая масса, сено)	620–621, 651	20	60	10	140	20	150
Лен-долгунец (волокно)	411	10	40	20	140	20	150
Конопля (волокно)	412	10	60	20	140	20	120
Сахарная свекла	413	30	150	20	180	20	230
Картофель	511–513	30	120	20	180	20	210
Кормовая свекла	561, 565	30	180	20	180	20	300
Кукуруза (зеленая масса)	581	30	150	20	180	20	220
Кукуруза (зерно)	126	30	150	20	180	20	220
Кормовая брюква	562	20	120	20	160	20	180
Турнепс, кузику	563–564	20	120	20	160	20	220
Кормовая морковь, капуста кормовая	566–567	20	120	20	160	20	200
Крестоцветные (семена)	431–436	20	150	10	150	20	125
Крестоцветные (зеленая масса)	641–646	20	160	10	120	20	200
Однолетние и многолетние злаковые травы (сено, зеленая масса)	652–653, 656–658, 681–685,	30	180	10	120	20	230

1	2	3	4	5	6	7	8
Однолетние и многолетние бобовые травы (сено, зеленая масса)	617–618, 691–695	0	30	20	120	20	200
Многолетние бобово-злаковые травы (сено, зеленая масса)	687–688	20	60	10	120	20	200
Сенокосы	711–713	30	180	20	120	20	200
Пастбища	721–723	30	240	20	120	20	240
Плодовые деревья, ягодники	813–814	20	120	20	120	20	150
Капуста	521	20	150	20	160	20	220
Свекла столовая	524	20	120	20	180	20	200
Морковь	525, 528	20	90	20	160	20	220
Томаты	523	20	120	20	150	20	180
Огурцы	522	20	90	20	120	20	120
Лук-репка	526	20	90	20	120	20	150
Зеленные овощи	527	20	60	20	120	20	150

П р и м е ч а н и е. На минеральных почвах с содержанием калия менее 200 мг/кг, торфяно-болотных почвах (менее 600 мг/кг) при плотности загрязнения радиоцезием более 5,0 Ки/км² или радиостронцием более 0,3 Ки/км² предельные дозы калийных удобрений увеличиваются на 30 %.

**Группы культур для определения базовой (минимальной) урожайности,
коэффициентов возврата и поправочных величин к коэффициентам возврата
(прил. 2–10)**

Группа культур	Продукция	Коды согласно прил. 4
Озимая пшеница	Зерно	111, 116
Озимая рожь	- « -	112, 117, 136
Озимая тритикале	- « -	113, 118
Озимый ячмень	- « -	114, 119
<i>Озимые зерновые*</i>	- « -	111–114, 116–119, 136
Яровая пшеница	- « -	121, 131
Яровой ячмень	- « -	124, 127, 134
Яровая тритикале	- « -	123, 133
Овес	- « -	125, 126, 135, 221–224
<i>Яровые зерновые**</i>	- « -	121, 123–127, 131, 133–135
<i>Зернобобовые</i>	- « -	211–218
Озимый рапс	Семена	431
Яровой рапс	- « -	432–436
Гречиха	Зерно	128
Лен-долгунец	Волокно	411, 412
Картофель***	Клубни	511–513, 521–528, 813–814
Сахарная свекла	Корни	413
Кукуруза	Зеленая масса	581
Кормовые корнеплоды	Корни	561–566
Однолетние злаковые травы	Сено	621, 652–653
Однолетние бобово-злаковые травы	Зеленая масса	567, 620, 651, 688
Однолетние крестоцветные	- « -	633–636, 641–646, 656–658, 686
<i>Однолетние травы</i>	- « -	567, 611–617, 620, 633–636, 641–646, 651, 656–658, 686, 688, 695
Многолетние злаковые травы	Сено	681–685
Многолетние бобово-злаковые травы	- « -	687
<i>Многолетние травы</i>	- « -	618, 621, 652–653, 681–685, 687, 691–694
Сенокосы	- « -	711, 712, 723
Пастбища	Зеленая масса	713, 721, 722

*На песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками, из группы озимых зерновых исключается озимая пшеница (коды 111, 116); из группы яровых – яровая пшеница (коды 121, 131); **на торфяно-болотных почвах из группы картофеля исключаются овощи (коды 521–528), плодовые деревья (код 813), ягодники (код 814); ***группы культур: *озимые зерновые (зерно), яровые зерновые (зерно), зернобобовые (зерно), однолетние травы (зеленая масса), многолетние травы (сено)* действительны для расчета доз фосфорных и калийных удобрений; все остальные группы культур – для расчета доз азотных, фосфорных и калийных удобрений.

**Процентное содержание действующего вещества в минеральных удобрениях
и коэффициенты пересчета элементов питания на физическую массу**

Вид и ассортимент удобрений	Действующее вещество	Содержание действующего вещества, %	Коэффициент пересчета элементов питания на физическую массу
Азотные			
Аммиачная селитра	N	34,5	2,90
Карбамид (мочевина)	N	46,2	2,16
Карбамид с гуматными добавками	N	46,2	2,16
КАС	N	28,0–30,0–32,0	3,57–3,33–3,12
Сульфат аммония	N (S)	20,5 (24)	4,88 (4,16)
Сульфат аммония с защитным покрытием	N (S)	20,5 (24)	4,88 (4,16)
Аммиачная вода	N	20,5	4,88
Аммиак водный	N	82,0	1,22
Фосфорные			
Суперфосфат простой гранулированный	P ₂ O ₅	19,5	5,13
Суперфосфат двойной	P ₂ O ₅	46,0	2,17
Суперфос	P ₂ O ₅	38,0–41,0	2,63–2,44
Калийные			
Хлористый калий	K ₂ O	60,0	1,67
Сульфат калия	K ₂ O	48,0	2,08
Калийная соль	K ₂ O	40,0	2,50
Сильвинит	K ₂ O	14,0	7,14
Сложные			
Нитрофоска	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	11,0:11,0:11,0	9,09
	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	12,0:12,0:12,0	8,33
	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	15,0:15,0:15,0	6,67
Аммофос	N:P ₂ O ₅	12,0:52,0	8,33:1,92
Аммонизированный суперфосфат	N:P ₂ O ₅	8,0:30,0	12,5:3,03
	N:P ₂ O ₅	8,0:33,0	12,5:3,33
	N:P ₂ O ₅	7,0:25,0	14,3:4,0
	N:P ₂ O ₅	7,0:22,0	14,3:4,55
	N:P ₂ O ₅	7,0:19,0	14,3:5,26
Удобрения сложносмешанные гранулированные (АФК)	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	10,0:20,0:20,0	10,0:5,0
	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	16,0:16,0:16,0	6,25
	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	5,0:16,0:35,0	20,0:6,25:2,86
	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	16,0:12:20	8,88:6,25:5
Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ)	N:P ₂ O ₅	10,0:34,0	10,0:2,94
Кристаллин	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	20,0:6:10	5,0:25:10,0

Энергетические затраты на производство и хранение органических удобрений

Виды органических удобрений	Энергетические затраты, МДж/т
Подстилочный навоз на соломенной подстилке (соотношение соломы к полужидкому навозу – 1:10)	112
Подстилочный навоз на торфяной подстилке (соотношение торфа к экскрементам – 1:3)	222
Торфо-навозные компосты (соотношение торфа к навозу – 1:3)	283
Торфо-соломенно-навозные компосты (на 1 т полужидкого навоза – 50 кг соломы, 250 кг торфокрошки)	286
Усредненные затраты на хранение	6,2

Примерные дозы азотных удобрений в основном внесении под озимые зерновые культуры с учетом данных почвенной диагностики

Обеспеченность почвы усвояемым азотом, кг/га	Дозы азота, кг/га	
	Суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые мореной (рожь, пшеница)	Песчаные и супесчаные почвы, подстилаемые песками (рожь)
<120	45–60	30
120–200	30–40	–
>200	Удобрения не вносят	–

Примечание. Более высокие дозы вносят под пшеницу.

Примерные дозы азотных удобрений для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур с учетом данных почвенной диагностики

Обеспеченность почвы азотом, кг/га		Доза азота, кг/га	
Азот усвояемый	Азот минеральный (нитратный + аммиачный)	Озимая рожь	Озимая пшеница
<120	<60	50–60	60–70
120–200	60–100	30–40	40–50
201–300	101–150	20–30	30–40
>300	>150	–	0–20

Примечание. Более высокие дозы применяют при густоте стеблей менее 80 шт/м² озимой ржи и менее 90 шт/м² озимой пшеницы, а также при длительной холодной погоде.

**Дозы азота для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур
на торфяно-болотных почвах по д. в., кг/га**

Планируемый урожай, ц/га	Торфяно- и торфянисто-глеевые почвы		Торфяно-болотные почвы с мощностью торфа более 0,5 м	
	Предшественники			
	Небобовые культуры	Однолетние и многолетние бобово-злаковые травы	Небобовые культуры	Однолетние и многолетние бобово-злаковые травы
21–30	35	30	20	20
31–40	50	40	30	20
41–50	55	40	40	20

Примерные дозы азотных удобрений для основного внесения под яровые зерновые культуры (по данным почвенной диагностики)

Обеспеченность почв усвояемым азотом, кг/га	Дозы азота, кг/га	
	Суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые мореной	Песчаные и супесчаные почвы, подстилаемые песками
<120	50–60	40–50
120–200	30–40	20–30
201–300	20–30	–
>300	Удобрения не вносят	–

Примечание. Для формирования оптимальной густоты стеблестоя яровых зерновых культур в фазе кущения содержание легкоусвояемого (минерального) азота в слое почвы 0–40 см должно составлять для ячменя и овса на суглинистых и супесчаных почвах 100–120 кг/га, на песчаных – 90–100 кг/га, а для яровой пшеницы – 110–130 кг/га.

Дозы минеральных удобрений для сенокосов на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зеленая масса), ц/га				
		20–40	41–60	61–80	81–100	101–120
Азотные	–	40–70	70–100	100–130	130–160	160–180
Фосфорные	Менее 100	30–50	50–70	70–90	×	×
	101–150	25–45	45–65	65–85	×	×
	151–200	20–35	35–50	50–65	65–80	×
	201–300	15–25	25–35	35–45	45–55	55–70
	301–400	–	–	20–25	25–30	30–40
Калийные	Менее 80	70–00	100–130	130–160	×	×
	81–140	60–90	90–20	120–150	×	×
	141–200	50–75	75–00	100–125	125–150	×
	201–300	30–50	50–70	70–90	90–115	115–140
	301–400	–	20–30	30–40	40–50	50–60

Дозы минеральных удобрений для пастбищ на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной

Удобрения, кг/га д. в.	Содержание P ₂ O ₅ и K ₂ O, мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зеленая масса), ц/га				
		100–200	41–60	61–80	81–100	101–120
Азотные	–	50–75	75–100	100–125	125–150	150–180
Фосфорные	Менее 100	30–50	50–70	70–90	×	×
	101–150	25–45	45–65	65–85	×	×
	151–200	20–35	35–50	50–65	65–80	×
	201–300	15–25	25–35	35–45	45–55	55–70
	301–400	–	–	20–25	25–30	30–40
Калийные	Менее 80	70–100	100–130	130–160	×	×
	81–140	60–90	90–120	120–150	×	×
	141–200	50–75	75–100	100–125	125–150	×
	201–300	30–50	50–70	70–90	90–115	115–140
	301–400	–	20–30	30–40	40–50	50–60

Дозы фосфорных удобрений в зависимости от обеспеченности торфяно-болотных почв фосфором

Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Обеспеченность почвы подвижными фосфатами	Дозы P_2O_5 , кг/га		
		под многолетние травы	под зерновые	под пропашные
<300	Очень низкая	80–100	100–120	120–150
301–500	Низкая	80–90	80–100	120–150
501–600	Средняя	45–60	60–80	90–120
601–1000	Повышенная	30–45	40–60	60–90
1001–1200	Высокая	20–30	20–40*	45–60**
>1200	Очень высокая	–	10*	20**

*В рядки, **при посадке.

Примечание. Фосфор из запасов почвы усваивается на уровне 10–20 %, из минеральных удобрений – 15–30 %.

Дозы калийных удобрений на торфяно-болотных почвах

Содержание K_2O в почве, мг/кг	Обеспеченность почвы обменным калием	Дозы K_2O , кг/га		
		под многолетние травы	под зерновые	под пропашные
<200	Очень низкая	140–160	140–160	210–140
201–400	Низкая	120–150	120–150	210–240
401–600	Средняя	90–120	90–120	170–200
601–1000	Повышенная	60–90	60–90	130–160
1001–1200	Высокая	45–60	45–60	90–120
>1200	Очень высокая	30–45	–	30–45

Примечание. Из запасов почвы усваивается 30–50 % подвижного калия, из минеральных удобрений – 50–70 %.

**Расчетные дозы минеральных удобрений (д. в.) под многолетние травы
на торфяных почвах, кг/га**

Содержание подвижных форм фосфора и калия	На планируемый урожай (абс. сух. в-ва), ц/га								
	80			100			120		
	Азот	Фосфор	Калий	Азот	Фосфор	Калий	Азот	Фосфор	Калий
Многолетние травы 1-го года									
200	–	90	140	–	120	210	Не планируется		
300	–	60	90	–	90	160			
400	–	40	70	–	80	120			
500	–	30	40	–	60	100			
Многолетние травы 2–3-го года									
200	70	80	170	150	120	240	210	150	280
300	70	60	140	150	90	210	210	120	240
400	70	40	100	150	80	180	210	90	210
500	70	35	90	150	60	160	210	80	190
Многолетние травы 3-летнего использования									
<200	90	60	200	180	80	250	240	100	300

Примерные дозы минеральных удобрений (по д. в.) на выработанных торфяных месторождениях, кг/га

Культура	Азот	Фосфор	Калий
Бобово-овсяные смеси	50–60	90–100	120–140
Зерновые	70–80	100–110	120–140
Картофель	80–90	120–140	220–240

**Примерные дозы удобрений под овощные культуры
на дерново-подзолистых почвах**

Культура	Урожайность, т/га	Органические удобрения, т/га	Дозы минеральных удобрений по д. в. кг/га								
			Азотные	Фосфорные				Калийные			
				Обеспеченность почвы, мг/кг							
				<150	151–200	201–300	>300	<120	121–170	171–250	>250
Капуста белокочанная	40	60	90	60	30	–	–	120	90	60	30
	60	70	140	120	90	60	–	150	140	120	90
	80	80	150	–	120	90	60	–	150	140	130
Свекла столовая	30	40	60	60	30	–	–	90	80	60	30
	40	50	90	90	60	30	–	100	90	80	60
	50	60	120	120	90	60	30	–	120	100	90
Томаты	20	30	40	90	60	30	–	80	60	30	–
	30	40	60	120	90	60	30	90	80	60	30
	40	50	90	–	120	90	60	–	110	90	60
Морковь	40	–	30	90	60	30	–	120	90	60	–
	50	–	40	120	90	60	30	150	120	90	60
	60	–	60	–	120	90	60	–	150	120	90
Огурцы	10	60	30	90	60	30	–	90	60	30	–
	20	80	60	120	90	60	30	120	90	60	30
	30	100	90	–	120	90	60	–	120	90	60
Лук на репку, чеснок	10	40	50	90	60	30	–	100	80	60	–
	20	60	70	120	90	60	30	120	100	70	40
	30	80	90	–	120	90	60	–	120	100	70

Дозы удобрений под овощные культуры, кг/га д. в.

Культура	Урожайность, ц/га	Доза азотных удобрений при степени окультурен- ности почв			Дозы удобрений при обеспеченности почв P ₂ O ₅				Дозы удобрений при обеспеченности почв K ₂ O			
		средней	хорошей	высокой	низкой	средней	повышенной	высокой	низкой	средней	повышенной	высокой
Дерново-подзолистые почвы												
Капуста белокочанная*	400	110	90	60	60	30	–	–	120	90	60	30
	600	120	110	100	120	90	60	–	150	140	120	90
	800	–	120	120	–	120	90	60	–	150	150	140
Свекла столовая	300	90	60	30	60	30	–	–	–	90	60	30
	400	90	90	60	90	60	30	–	100	100	90	60
	500	90	90	90	120	90	60	30	120	120	120	90
Томат	200	60	30	–	90	60	30	–	–	60	30	–
	300	90	60	30	120	90	60	30	90	90	60	30
	400	90	90	60	–	120	90	60	120	120	90	60
Морковь	400	30	–	–	90	60	30	–	120	90	60	–
	500	60	30	–	120	90	60	30	150	120	90	60
	600	90	60	30	–	120	90	60	–	150	120	90
Огурец*	100	30	–	–	90	60	30	–	90	60	30	–
	200	60	30	–	120	90	60	30	120	90	60	30
	300	90	60	30	–	120	90	60	–	120	90	60

Минеральные почвы												
Капуста ранняя*	300	60	30	–		40	20	20		90	60	30
	400	90	60	30		60	40	20		120	90	60
	500	120	90	60		80	60	40		150	120	90
Капуста среднепоздняя*	400	60	30	30		40	20	–		150	120	90
	600	110	90	60		80	60	40		180	180	150
	800	120	120	110		110	100	80		210	210	210
Морковь	300	30	–	–		60	10	10		90	60	30
	500	90	30	30		80	60	10		150	120	90
Свекла столовая	300	30	–	–		60	40	10		90	60	30
	500	90	30	30		80	60	10		150	120	90
Торфяные почвы												
Морковь	300	30		–		60	40	10		90	60	30
	500	60	30	–		100	80	60		150	120	60
Свекла столовая	300	30	–	–		60	40	10		90	60	30
	500	60	30	–		100	80	60		150	120	90

*На дерново-подзолистых и пойменных почвах фон для капусты – 40 т/га, огурца – 60–80 т/га навоза.

**Примерные дозы удобрений по д. в. для припосевного внесения
и подкормок овощных культур, кг/га**

Культура	В рядки при посеве (посадке)			Первая подкормка			Вторая подкормка	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O
Капуста белокочанная:								
ранняя	14	20	10	20	–	30	–	–
среднепоздняя	15	15	15	30	20	30	40	60
Морковь	–	10	–	15	10	20	–	–
Столловая свекла	10	10	10	20	15	30	20	60
Огурец	10	10	10	20	20	20	15	40
Томат	10	10	10	15	20	15	30	30
Лук репчатый	–	10	–	15	15	20	20	30

Примечание. Первая подкормка овощных проводится через 15–20 дней после посадки или через 30–35 дней после сева, вторая – в начале фазы плодообразования (завязывание кочана, формирования корнеплода)

**Дозы органических (т/га) и минеральных (кг/га д. в.) удобрений
для плодоносящих садов и ягодников**

Удобрения	Семечковые		Косточковые		Смородина		Крыжовник	
	начало плодо- ношения	полное плодо- ношение	начало плодо- ношения	полное плодо- ношение	начало плодо- ношения	полное плодо- ношение	начало плодо- ношения	полное плодо- ношение
Навоз*	15	15	10	15	15	20	15	20
N	80	100	50	90	60	90	60	90
P ₂ O ₅	60	90	50	60	80	120	60	90
K ₂ O	90	120	50	90	60	90	80	120

*Органические удобрения вносят в дозе 40–45 т/га раз в три года в плодовых и 30–40 т/га – в ягодных насаждениях.

Рекомендуемые дозы удобрений в молодых садах (в расчете на 1 дерево)

Год после посадки	Диаметр приствольно- го круга, м	Органиче- ские, кг	Минеральные (по д. в.), г		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1–2	1,5–2,0	15	20	20	20
3–4	2,0–2,5	20	25	20	25
5–6	2,5–3,0	30	35	35	35
7–8	3,0–3,5	40	50	60	50

**Рекомендуемые дозы удобрений под землянику при содержании
в почве P_2O_5 и K_2O по 160–200 мг/кг**

Период внесения	Органические, т/га	Минеральные (по д. в.), кг		
		N	P_2O_5	K_2O
Под предшественник, за 2 года до посадки	40–60	60–80	100–120	100–120
Перед посадкой (пар)	100–120	–	90–110	100–120
Новая посадка	–	30	–	–
Год плодоношения:				
1-й	–	40–50	30–40	30–40
2-й	–	50	50	50
3-й	–	50	–	–

**Примерные дозы удобрений под малину при содержании
в почве P_2O_5 и K_2O по 250–300 мг/кг**

Период внесения	Органические, т/га	Минеральные (по д. в.), кг		
		N	P_2O_5	K_2O
Перед посадкой (пар)	120–150	–	120–150	120–150
При посадке (на 100 м траншеи)	3–5	–	10–20	10–20
До вступления в плодоношение (1–2-й годы жизни)	–	60–70	–	–
В период полного плодоношения	–	80–90	80–90	100–120

**Примерные дозы удобрений под смородину и крыжовник при средней
обеспеченности подвижными фосфатами и обменным калием
(по 200–250 мг/кг почвы)**

Период внесения	Органические, т/га	Минеральные (по д. в.), кг		
		N	P_2O_5	K_2O
Перед посадкой (пар)	100–120	–	120–150	120–150
При посадке (на 100 м траншеи)	3–5	–	20–25	10–15
До вступления в плодоношение	–	60	–	–
В период начального плодоношения	–	60–80	60–90	60–90
В период полного плодоношения	–	90	90–120	90–120

**Расчет доз минеральных удобрений под картофель
методом элементарного баланса на урожай клубней 25 т/га**

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Вынос питательных элементов урожаем, кг/га	135	35	267
2. Содержание в почве питательных элементов в подвижной форме, мг/кг	2*	150	180
3. Запасы питательных элементов в почве, кг/га	–	450	540
4. Коэффициенты использования питательных элементов из запасов почвы, %	20–25**	6	15
5. Количество питательных элементов, получаемых растением из почвы, кг/га	40–50	27	81
6. Внесение навоза, т/га		50 т/га	
6.1. Содержание в навозе питательных элементов, %	0,42	0,21	0,50
6.2. Вносится с навозом в почву, кг/га	210	105	250
6.3. Усваивается из навоза в 1-й год, %	25	30	60
7. Будет усвоено из навоза, кг	52	31	150
8. Следует довести питательных элементов с минеральными удобрениями, кг/га	38	–	36
9. Коэффициенты использования питательных элементов из минеральных удобрений, %	60	20	60
10. Необходимо внести с минеральными удобрениями с учетом коэффициентов использования, кг/га	63	–	60

*Гумус, %; **на 1 % гумуса в почве, кг/га.

**Средние коэффициенты использования питательных элементов
из запасов почвы и вносимых удобрений в 1-й год, %**

Питательные элементы	Запасы почвы	Минеральные удобрения	Навоз			Торфо-навозный компост 1:2
			подстилочный	жидкий	полужидкий	
Основные культуры севооборота						
Азот	20–25*	60	25	40–50	30	20
Фосфор	5–7	20	30	35	30	25
Калий	10–15	60–65	65	65–70	60	45
Промежуточные культуры						
Азот	10–15*	50	20	30	25	–
Фосфор	4–5	15–20	15	20	20	–
Калий	8–10	50–55	50	50–60	50	–

*На 1 % гумуса, кг/га.

Коэффициенты использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами из удобрений и почвы

Культуры	Коэффициенты использования из почвы, %		Коэффициенты использования из удобрений		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	4	10	40	32	44
Озимая рожь	6	12	41	25	33
Озимые зерновые	6	12	42	26	34
Яровая пшеница	4	8	59	21	59
Ячмень	6	13	54	24	47
Овес	6	16	40	18	44
Яровые зерновые	6	13	52	23	47
Зерновые в среднем	6	13	49	24	44
Зернобобовые (люпин)	4	8	45	18	39
Картофель	10	40	65	18	90
Лен (соломка)	4	12	44	11	44
Кукуруза (зел. масса)	8	21	73	48	80
Кормовая свекла	8	56	91	44	90
Однолетние травы	8	45	78	39	85
Многолетние травы	7	37	99	34	88
В т. ч.:					
бобовые	7	42	82	39	90
злаковые	6	43	49	42	90
бобово-злаковые	7	34	70	30	85

**Ориентировочные коэффициенты* использования питательных веществ
овощными культурами, % (по обобщению В. А. Борисова, Г. Г. Вендило и др.)**

Культура	Коэффициенты использования из почвы		Коэффициенты использования из удобрений**		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Капуста белокочанная: ранняя	5–10	30–40	$\frac{40-45}{20}$	$\frac{10-15}{10}$	$\frac{40-50}{30}$
поздняя	12–15	40–60	$\frac{60-65}{35}$	$\frac{15-18}{30}$	$\frac{45-50}{50}$
Капуста цветная	5–10	30–40	$\frac{50-60}{25}$	$\frac{10-15}{20}$	$\frac{45-55}{40}$
Томат	4	20	$\frac{35}{25}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{55}{40}$
Морковь столовая	8–17	45–50	$\frac{50-55}{25}$	$\frac{10-12}{15}$	$\frac{50-55}{50}$
Свекла столовая	18–20	40–55	$\frac{60-65}{35}$	$\frac{25-27}{30}$	$\frac{70-75}{60}$
Лук на репку	4	15	$\frac{30}{20}$	$\frac{5}{5-8}$	$\frac{35}{30}$
Редис	1–2	5–6	$\frac{5-6}{-}$	$\frac{2-3}{-}$	$\frac{8-10}{-}$

*Коэффициенты установлены на дерново-подзолистых и пойменных почвах;

**в числителе – из минеральных удобрений, в знаменателе – из органических.

Поступление элементов питания с органическими удобрениями

Вид органических удобрений	Содержание, кг/т						
	Органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₂
Навоз КРС на солоистой подстилке	210	5,0	2,5	6,0	4,0	1,1	0,6
Навоз КРС на торфяной подстилке	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
Навоз КРС полужидкий	125	3,05	1,5	4,0	1,3	0,9	0,3
Навоз КРС жидкий	40	2,0	1,0	2,5	0,5	0,4	0,1
Навозные стоки КРС	18	0,7	0,4	0,7	—	—	—
Навоз свиной жидкий	40	2,5	0,9	1,8	0,6	0,2	0,1
Компост (навоз : торф = 1:1)	220	5,0	1,6	4,0	3,5	0,6	0,3
Компост (навоз : торф = 2:1)	220	5,5	1,8	4,5	4,0	0,8	0,4
Компост (навоз : торф = 3:1)	220	6,0	2,0	5,0	4,5	1,0	0,5
Помет птичий смешанный	320	15,0	14,0	7,0	17,0	5,0	3,0
Помет птичий полужидкий	110	9,0	9,0	3,0	9,0	4,0	2,0
Компост торфопометный (1:1)	250	10,0	8,0	3,0	9,0	3,0	1,5
Компост торфопометный (1:2)	250	12,5	10,0	4,0	10,0	4,0	2,0
Смешанный (сборный) компост	200	5,0	2,0	4,5	4,0	0,8	0,4
Солома зерновых культур	800	4,0	1,5	10,0	2,0	1,0	1,5
Зеленое удобрение (смесь)	140	4,2	1,2	3,2	2,0	1,0	0,5
Ботва сахарной свеклы	120	3,5	1,0	5,0	1,0	1,0	0,4

Потери элементов питания при выщелачивании из наиболее распространенных почв Республики Беларусь

Почвы	N _{общ}	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₂
	Потери при выщелачивании, кг/га в год					
Дерново-подзолистые суглинистые	16	0,2	11	64	13	24
Дерново-подзолистые супесчаные, развивающиеся на связных породах	18	0,1	20	65	14	25
Дерново-подзолистые супесчаные, развивающиеся на рыхлых породах	20	0,1	26	69	15	26
Дерново-подзолистые супесчаные, развивающиеся на песках	39	0,1	33	78	25	34
Торфяные	39	0,1	10	122	17	37

Потери основных элементов питания с эрозией почвы

Степень эродированности, величина смыва почвы, т/га в год	Доля эродированных почв, % от площади пахотных земель	Потери, кг/га					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₂
Слабая, 2,1–5,0	5,1–10,0	5	2	3	5	2	0,05
Средняя, 5,1–10,0	10,1–25,0	10	4	6	10	5	0,10
Сильная, 10,1–20,0	25,1–50,0	15	7	10	17	8	0,15
Очень сильная, >20,1	>50,0	20	10	15	25	12	0,20

Оптимальная интенсивность баланса в зависимости от обеспеченности почв фосфором и калием

P ₂ O ₅		K ₂ O	
Содержание в почве, мг/кг	Интенсивность баланса, %	Содержание в почве, мг/кг	Интенсивность баланса, %
Менее 100	150–180	Менее 80	180–200
101–150	130–150	81–140	150–180
151–250	100–120	141–200	120–150
251–300	50–70	201–300	80–100
301–400	40–50	Более 300	30–60

Примерные нормативы баланса азота, фосфора и калия за севооборот (% к выносу) в зависимости от агрохимических свойств почвы в овощных севооборотах

Класс почвы	Степень обеспеченности почвы питательными элементами	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Очень низкая	Не рекомендуется для возделывания овощных культур		
2	Низкая	130–145	265–280	130–150
3	Средняя	115–130	185–200	110–130
4	Повышенная	100–115	145–160	80–100
5	Высокая	85–100	100–130	60–80
6	Очень высокая	70–85	85–100*	40–60

*В первые годы можно ограничиться внесением небольших количеств фосфора в рядки (при посеве).

**Нормативы затрат фосфорных удобрений сверх выноса их урожаем
для увеличения содержания подвижного фосфора
на 10 мг/кг почвы, кг/га P₂O₅**

Почвы	рН _{ксл}	Исходное содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы			
		Менее 60	61–100	101–150	151–250
Суглинистая	4,5–5,0	75	69	65	69
	5,1–5,5	70	63	57	58
	5,6–6,0	65	56	49	47
Супесчаные	4,5–5,0	70	64	60	64
	5,1–5,5	65	58	52	52
	5,6–6,0	60	51	44	42
Песчаные	4,5–5,0	65	59	55	59
	5,1–5,5	60	53	47	48
Торфяно-болотные	В среднем		18		

**Нормативные затраты калийных удобрений сверх выноса с урожаем для
увеличения содержания подвижного калия на 10 мг/кг почвы, кг/га K₂O**

Гранулометрический состав почвы	Интенсивность баланса, %	Исходное содержание K ₂ O, мг/кг почвы		
		Менее 80	81–140	141–200
Суглинистая	130	30	42	55
	170	40	52	65
	210	50	62	75
Супесчаные	130	47	58	72
	170	57	68	82
	210	67	78	92
Песчаные	130	58	70	83
	170	68	80	93
	210	78	90	103
Торфяно-болотные	130	В среднем	13	

**Вынос кальция, магния и серы с 1 ц основной и соответствующим количеством
побочной продукции на минеральных почвах, кг**

Культуры	Вид продукции	CaO	MgO	S
1	2	3	4	5
Озимая пшеница	Зерно	0,47	0,31	0,50
Озимая рожь	Зерно	0,41	0,31	0,60
Озимый ячмень	Зерно	0,46	0,31	0,83
Озимая тритикале	Зерно	0,42	0,30	0,86
Яровая пшеница	Зерно	0,32	0,24	0,60
Яровой ячмень	Зерно	0,48	0,30	0,90
Овес	Зерно	0,42	0,33	1,20
Гречиха	Зерно	0,81	0,34	0,80
Просо	Зерно	0,36	0,18	1,20
Яровая тритикале	Зерно	0,48	0,30	0,76
Люпин	Зерно	1,88	0,85	1,42
Пелюшка	Зерно	2,18	0,80	1,64
Горох	Зерно	2,40	0,48	1,05
Фасоль	Зерно	2,15	0,51	0,80
Бобы кормовые	Зерно	2,50	0,74	1,19
Серделла	Зерно	2,10	0,87	1,20
Вика яровая	Зерно	2,14	0,66	1,21
Лен-долгунец	Волокно	1,50	0,78	1,60
Конопля	Волокно	1,47	0,80	2,16
Сахарная свекла	Корнеплоды	0,16	0,12	0,16
Кормовая свекла	Корнеплоды	0,09	0,08	0,10
Морковь кормовая	Корнеплоды	0,09	0,08	0,10
Турнепс	Корнеплоды	0,08	0,07	0,20
Курузику	Корнеплоды	0,10	0,09	0,12
Морковь кормовая	Корнеплоды	0,09	0,08	0,10
Турнепс	Корнеплоды	0,08	0,07	0,20
Брюква кормовая	Корни	0,09	0,07	0,10
Картофель столовый	Клубни	0,22	0,11	0,08
Картофель семенной	Клубни	0,21	0,11	0,11
Картофель технический	Клубни	0,20	0,10	0,10
Однолетние бобово-злаковые травы	Сено	0,46	0,29	0,40
Однолетние злаковые травы	Зел. масса	0,14	0,06	0,06
Однолетние злаковые травы	Сено	0,69	0,28	0,40
Однолетние бобовые травы	Зел. масса	0,35	0,09	0,08
Однолетние бобовые травы	Сено	1,72	0,46	0,41
Многолетние бобово- злаковые травы	Сено	1,30	0,48	0,40

1	2	3	4	5
Многолетние бобово-злаковые травы	Зел. масса	0,24	0,09	0,07
Многолетние злаковые травы	Сено	0,49	0,20	0,15
Многолетние злаковые травы	Зел. масса	0,10	0,04	0,04
Многолетние бобовые травы	Сено	1,53	0,76	0,26
Многолетние бобовые травы	Зел. масса	0,30	0,15	0,05
Сенокосы	Сено	0,95	0,41	0,20
Сенокосы естественные	Сено	0,90	0,10	0,14
Пастбища	Зел. масса	0,25	0,12	0,05
Пастбища естественные	Зел. масса	0,20	0,10	0,04
Рапс яровой	Зел. масса	0,30	0,12	0,06
Рапс озимый	Зел. масса	0,28	0,11	0,04
Редька масличная	Зел. масса	0,16	0,10	0,08
Озимая рожь	Зел. масса	0,12	0,06	0,07
Озимый рапс	Семена	0,52	0,19	1,90
Яровой рапс	Семена	0,51	0,20	2,70
Многолетние бобовые травы	Семена	1,91	0,90	3,84
Многолетние злаковые травы	Семена	0,41	0,35	4,95
Кукуруза	Зерно	0,50	0,31	0,08
Плодовые деревья	Плоды	–	–	–
Ягодники	Ягоды	–	–	–
Капуста белокочанная	Кочаны	0,58	0,20	0,20
Томаты	Плоды	0,20	0,17	0,10
Огурцы	Плоды	0,15	0,10	0,06
Лук	Луковицы	0,20	0,11	0,06
Овощи (в среднем)	Товарная продукция	0,32	0,15	0,05
Зеленные овощи	Товарная продукция	–	–	–
Растениеводческая продукция (на 100 к. ед.)	к. ед.	0,81	0,43	0,53

**Поступление кальция, магния и серы с минеральными удобрениями
и известковыми материалами**

Удобрения, известковые материалы	CaO ₃	MgO	S, %
	кг/100 кг основного д. в.		
Суперфосфат простой	117	–	9,0–13,0
Суперфосфат двойной	31	–	–
Молотый известняк	56	–	–
Молотый доломит	30	20	–
Молотый доломитизированный известняк	50	5	–
Мел	56	–	–
Гашеная известь	56	–	–
Доломитовая мука	30	20	–
Дефекат	56	–	–
Сланцевая зола	58	5	–
Цементная пыль	58	1	1,0
Сульфат аммония (серноокислый аммоний)	–	–	23,0–24,2
Сульфат калия (серноокислый калий)	–	–	18,0
Сульфат магния (серноокислый магний)	–	–	18,6
Сульфат натрия (серноокислый натрий)	–	–	22,6
Фосфогипс	23	–	17,7–20,6

**Содержание энергии в 1 ц основной продукции в натуре
(по принятой условной стандартной влажности), МДж**

Культура	Энергия
Зерно	
Люпин	18,04
Озимая: рожь	16,76
пшеница	16,46
Яровая пшеница	16,61
Ячмень	16,45
Овес	16,17
Гречиха	16,67
Люпин	18,04
Фасоль	16,37
Горох	17,69
Вика	16,34
Кукуруза (зерно)	15,14
Кукуруза (зеленая масса)	4,10
Солома	
Пшеница озимая	14,40
Рожь озимая	14,32
Ячмень	13,76
Овес	14,21
Горох	12,69
Люпин	15,84
Лен-долгунец: волокно	18,01
семена	21,27
Сахарная свекла (корнеплоды)	4,39
Кормовые корнеплоды	2,09
Картофель (клубни)	3,80
Многолетние травы (зеленая масса)	3,67
Однолетние травы (зеленая масса)	2,76
Многолетние травы (сено)	15,46
Однолетние травы	15,50

**Энергозатраты на производство удобрений (минеральные – на 1 кг д. в.,
органические и известковые – на 1 кг физической массы)**

Вид и формы удобрений	Содержание д. в., %	Энергетический эквивалент, МДж	
		действующего вещества	физической массы
Азотные		80,0	
Фосфорные		13,8	
Калийные		8,8	
Органические (в среднем)		0,42	
Торфо-навозные компосты		1,70	
Известковые удобрения (в среднем)		3,8	
Доломитовая мука		3,6	
Азотные			
Азот в сложных удобрениях	–	152,7	–
Сульфат аммония	20,5	80	16,4
Аммиачная селитра	34,5	80	27,6
Натриевая селитра	16,0	80	12,8
Кальциевая селитра	17,0	80	13,6
Мочевина	46,0	80	26,8
КАС	28,0	80	22,4
Аммиачная вода	20,5	80	16,4
Аммиак жидкий	82,0	80	65,0
Фосфорные			
Фосфор в сложных удобрениях	–	27,3	–
Сульфат простой гранулированный	20,0	13,8	2,8
Суперфосфат двойной	46,0	13,8	6,3
Суперфосфат аммонизированный	N_8P_{33}	51,5	21,1
Калийные			
Калий в сложных удобрениях	–	29,4	–
Хлористый калий	60	8,8	5,3
Калийная соль	40	8,8	3,5
Сульфат калия	48	8,8	4,2
Комплексные			
Нитрофоска	НПК по 12 %	51,5	18,5
Нитроаммофоска	НПК по 17 %	51,5	26,2
Азофоска	НПК по 16 %	51,5	24,7
Аммофосфат	N_7P_{47}	51,5	27,8
Аммофос	$N_{12}P_{50}$	51,5	31,9
АФК	$N_{10}P_{20}K_{20}$	51,5	25,8
АФК	$N_5P_{16}K_{35}$	51,5	28,8
ЖКУ	$N_{10}P_{34}$	51,5	22,7
Кристаллин	$N_{20}P_{16}K_{20}$	51,5	28,8
Микроудобрения			
Борные		12,5	18,8
Цинковые		2,5	6,9

Примерные средние энергозатраты на погрузку, транспортировку и внесение органических удобрений при разных технологиях внесения

Прямоточная		Перевалочная	
Доза внесения, т/га	Энергозатраты, МДж/га	Доза внесения, т/га	Энергозатраты, МДж/га
20	4363	20	5387
40	8475	40	10366
60	12379	60	14937

Примерные энергозатраты на уборку, доработку и реализацию дополнительного урожая за счет удобрений

Культура, угодыя	Вид продукции	Урожайность, ц/га	Энергозатраты, МДж/ц
Озимая рожь	Зерно	30–40	328
Яровой ячмень	- // -	30–40	293
Лен-долгунец	Льносоломка	30–40	193
Картофель	Клубни	150–250	79
Сахарная свекла	Корнеплоды	250–350	67
Кормовые корнеплоды	- // -	600–800	40
Кукуруза	Силос	300–400	35
Улучшенные сенокосы	Зеленая масса	170–250	42
Многолетние травы	Сенаж		84
-//-	Зеленая масса		35
-//-	Сенаж	80–120	65
Многолетние травы	- // -		84
Многолетние травы	Сено прессованное	40–60	93
	Рассыпное	30–50	105
Однолетние травы	Зеленая масса	160–200	39
Вико-овсяная и другие травосмеси	Зеленая масса	200–250	44

Средние энергозатраты на хранение, транспортировку и внесение 1 ц минеральных удобрений в зависимости от дальности перевозки, МДж

Транспортировка от рельсового склада до хозяйственного, км	Транспортировка от хозяйственного склада до поля, км							
	Прямоточная технология					Перегрузочная технология		
	1	3	5	7	9	5	10	15
0	53,4	59,9	69,3	83,9	129,9	60,9	70,0	82,7
10	65,1	71,6	81,5	96,0	139,0	73,1	82,1	94,8
20	82,4	89,9	98,7	113,2	156,2	90,3	99,8	112,0
40	118,1	124,6	134,1	147,9	191,6	125,7	134,7	147,4

Коэффициенты перевода продукции растениеводства в зерновые единицы

Культуры	Коэффициент
Пшеница, рожь, ячмень	1,00
Горох, бобы	1,40
Кукуруза	0,80
Вика	1,20
Овес	0,80
Соя	1,80
Сахарная свекла (корнеплоды)	0,26
Лен-долгунец:	
волокно	3,85
семена	1,65
соломка	0,41
Лен-кудряш (семена)	1,65
Хлопок-сырец	1,50
Конопля среднерусская:	
волокно	3,85
семена	1,63
соломка	0,40
Подсолнечник	1,47
Просо	0,9
Гречиха	1,40
Картофель (клубни)	0,25
Овощи	0,16
Кормовые корнеплоды	0,13–0,20
Косточковые плоды	0,14
Виноград	0,22
Семечковые плоды	0,26
Цикорий	0,26
Клещевина	1,75
Эфиромасличные	1,27
Сено:	
однолетних трав	0,40
многолетних трав	0,50
Кукуруза на силос и зеленый корм	0,17
Силосные культуры (без кукурузы)	0,12
Горчица	1,56
Табак	1,65
Кужут	1,75
Махорка	1,47
Мак	1,14
Солома:	
озимых культур	0,20
яровых культур	0,25
Ягоды	0,12

**Коэффициенты для пересчета продукции растениеводства
в кормовые единицы**

Сельскохозяйственные культуры (основная продукция с учетом побочной)	Коэффициент пересчета
Зерновые культуры (в среднем)	1,44
Озимая пшеница	1,36
Озимая рожь	1,45
Яровая пшеница	1,37
Ячмень	1,50
Овес	1,31
Смесь колосовых	1,39
Гречиха	2,19
Просо	0,96
Горох	1,40
Кормовые бобы	1,29
Вика и виковые смеси на зерно	1,40
Люпин	1,16
Сераделла	1,40
Чечевица	1,40
Фасоль	1,17
Прочие зернобобовые	1,39
Рапс озимый и яровой	2,04
Лен-долгунец:	
семена	2,04
волокно	7,00
волокно с учетом семян	8,50
Сахарная свекла (корни с учетом ботвы)	0,31
Сахарная свекла (корни без ботвы)	0,26
Картофель	0,30
Овощи открытого грунта	0,13
Кормовые корнеплоды (корни с учетом ботвы)	0,18
Кукуруза на зеленую массу	0,20
Силосные культуры без кукурузы	0,19
Бахчи кормовые	0,09
Однолетние травы, сенокосы и пастбища:	
на сено	0,49
на зеленый корм	0,18
на выпас	0,18
на семена	2,0
Многолетние травы посева текущего года и прошлых лет:	
на сено	0,51
на зеленый корм	0,21
на выпас	0,21
на семена	12,0

**Нормативы затрат питательных элементов удобрений (кг) для формирования
1 ц урожая основной продукции сельскохозяйственных культур
(с учетом побочной) в Беларуси**

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая рожь	2,8	2,5	3,3
Озимая пшеница	2,4	2,2	2,5
Яровая пшеница*	3,7	3,5	2,9
Ячмень	2,6	2,3	2,9
Овес	2,7	2,6	2,8
Гречиха	4,4	5,1	6,4
Горох	1,7	2,6	2,6
Лен-долгунец	4,6	9,9	13,5
Кукуруза (силос)	0,29	0,21	0,23
Сахарная свекла	0,48	0,37	0,52
Кормовая свекла	0,25	0,17	0,29
Картофель	0,40	0,42	0,55
Однолетние травы (сено)	2,2	1,6	2,1
Многолетние травы (сено)	0,7	1,1	1,5

*В России.

**Средние дозы удобрений под основные сельскохозяйственные культуры
на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной**

Культура	Планир. урожайность, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д. в.	Фосфорные удобрения, кг/га д. в.					Калийные удобрения, кг/га д. в.				
				Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг					Содержание K ₂ O в почве, мг/кг				
				<100	101-150	151-200	201-300	301-400	<80	81-140	141-200	201-300	301-400
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Озимые зерновые (зерно)	2,0-3,0	30	40-60	50-70	40-60	30-40	20-30	-	60-80	50-60	40-50	30-40	-
	3,1-4,0	30	60-80	70-90	60-70	40-60	30-40	15-20	80-100	60-80	50-70	40-50	30-35
	4,1-5,0	30	80-90	-//-	70-80	60-70	40-50	20-25	-//-	80-100	70-90	50-70	35-40
	5,1-6,0	30	90-100	-//-	-//-	70-80	50-60	25-30	-//-	100-120	90-110	70-90	40-45
	6,1-7,0	30	100-110	-//-	-//-	80-90	60-75	30-35	-//-	-//-	110-130	90-110	45-50
7,1-8,0	30	110-120	-//-	-//-	-//-	75-90	35-40	-//-	-//-	-//-	110-130	50-60	
Яровые зерновые (зерно)	2,0-3,0	Послед.	50-60	50-65	40-55	30-40	20-30	-	60-80	50-70	40-50	30-40	-
	3,1-4,0	60	60-70	65-80	55-70	40-55	30-40	15-20	80-100	70-90	50-70	40-60	30-35
	4,1-5,0	Послед.	70-80	-//-	70-80	55-70	40-50	20-25	-//-	90-110	70-90	60-80	35-40
	5,1-6,0	60	80-90	-//-	-//-	70-80	50-60	25-30	-//-	110-130	90-110	80-100	40-45
	6,1-7,0	Послед.	90-100	-//-	-//-	80-90	60-70	30-35	-//-	-//-	120-140	100-120	45-50
7,1-8,0	60	100-110	-//-	-//-	-//-	70-80	35-40	-//-	-//-	-//-	120-140	50-60	
Зернобобовые (зерно)	1,5-2,0	-	-	50-70	40-60	30-45	20-30	-	80-100	70-90	60-70	40-60	-
	2,1-2,5	-	-	70-90	60-80	45-60	30-40	10-15	100-120	90-110	70-90	60-80	20-30
	2,6-3,5	-	-	-//-	80-100	60-75	40-50	10-15	-//-	110-130	90-110	80-10	30-40
	3,6-4,5	-	-	-//-	-//-	75-90	50-60	15-20	-//-	-//-	110-130	10-120	40-50
Картофель (клубни)	15,0-00	60	50-60	60-70	40-50	30-40	20-25	-	70-80	50-60	40-50	30-40	-
	20,1-25,0	60	60-70	70-80	50-60	40-50	25-30	1520	80-100	60-80	50-60	40-50	30-35
	25,1-30,0	60	70-85	-//-	60-70	50-60	30-40	20-25	-//-	80-100	60-80	50-60	35-40
	30,1-35,0	60	85-100	-//-	-//-	60-70	40-50	25-30	-//-	-//-	80-100	60-80	40-50
	35,1-40,0	60	100-120	-//-	-//-	70-80	50-60	30-40	-//-	-//-	100-120	80-100	50-60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Лен-долгунец (волокно)	0,5–0,7	–	20–25	70–90	60–75	50–60	40–50	10–15	90–110	80–100	70–90	50–70	30–40
	0,7–0,9	–	25–30	–/–/–	75–90	60–75	50–60	15–20	–/–/–	100–120	90–110	70–90	40–45
	0,9–1,1	–	30–35	–/–/–	–/–/–	75–90	60–75	20–25	–/–/–	–/–/–	110–130	90–110	45–50
Сахарная свекла (корни)	20,0–30,0	60	60–90	70–90	60–80	50–60	30–40	–	80–100	70–90	50–70	40–60	–
	30,1–40,0	60	90–110	90–110	80–100	60–80	40–50	15–20	100–120	90–110	70–90	60–80	25–35
	40,1–45,0	60	110–120	110–120	100–110	80–90	50–55	20–25	120–140	110–130	90–100	80–90	35–40
	45,1–50,0	60	120–130	–/–/–	110–120	90–10	55–60	25–30	–/–/–	130–150	100–120	90–100	40–45
	50,1–55,0	60	130–140	–/–/–	–/–/–	100–110	60–70	30–35	–/–/–	–/–/–	120–140	100–110	45–50
55,1–60,0	60	140–150	–/–/–	–/–/–	110–120	70–80	35–40	–/–/–	–/–/–	140–150	110–120	50–60	
Гречиха (зерно)	1,0–1,5	–	35–45	40–60	30–40	25–35	20–30	–	60–80	50–70	40–60	25–35	–
	1,6–2,0	–	45–55	60–80	40–60	35–50	30–40	15–20	80–100	70–90	60–80	35–45	20–25
	2,1–2,5	–	55–70	–/–/–	60–80	50–70	40–50	20–25	–/–/–	90–110	80–90	45–55	25–30
	2,6–3,0	–	70–90	–/–/–	–/–/–	70–90	50–60	25–30	–/–/–	–/–/–	90–100	55–65	30–40
Озимый рапс (семена)	1,5–2,0	–	60–80	60–75	50–65	40–50	30–40	15–20	80–100	70–90	60–80	40–50	10–20
	2,1–2,5	–	80–100	75–90	65–80	50–65	40–50	20–25	100–120	90–110	80–90	50–60	20–30
	2,6–3,0	–	100–120	–/–/–	80–95	65–80	50–60	25–30	–/–/–	110–120	90–100	60–70	30–40
	3,1–3,5	–	120–140	–/–/–	–/–/–	80–95	60–70	30–35	–/–/–	–/–/–	100–110	70–80	40–45
	3,6–4,0	–	140–160	–/–/–	–/–/–	95–110	70–80	35–40	–/–/–	–/–/–	110–120	80–90	45–50
Яровой рапс (семена)	1,5–2,0	–	50–70	60–70	50–60	40–50	30–35	10–15	70–90	60–80	50–70	30–40	10–20
	2,1–2,5	–	70–90	70–85	60–70	50–60	35–40	15–20	90–110	80–90	70–80	40–50	20–25
	2,6–3,0	–	90–110	–/–/–	70–80	60–70	40–50	20–25	–/–/–	90–100	80–90	50–60	25–30
	3,1–3,5	–	110–130	–/–/–	–/–/–	70–80	50–60	25–30	–/–/–	–/–/–	90–100	60–70	30–35
	3,6–4,0	–	130–150	–/–/–	–/–/–	80–95	60–70	30–35	–/–/–	–/–/–	100–110	70–75	35–40
Кукуруза (силос)	20,0–30,0	80	60–80	60–80	50–60	40–50	20–30	–	80–100	70–90	50–70	40–60	–
	30,1–35,0	80	80–90	80–90	60–70	50–55	30–35	15–20	100–120	90–100	70–90	60–70	30–35
	35,1–40,0	80	90–100	90–100	70–80	55–60	35–40	20–25	120–140	100–110	90–10	70–80	35–40
	40,1–45,0	80	100–110	–/–/–	80–90	60–70	40–45	25–30	–/–/–	110–120	100–110	80–90	40–45
	45,1–50,0	80	110–120	–/–/–	–/–/–	70–80	45–50	30–35	–/–/–	–/–/–	110–120	90–100	45–50
	50,1–55,0	80	120–130	–/–/–	–/–/–	80–90	50–60	35–40	–/–/–	–/–/–	120–130	100–110	50–55
	55,1–60,0	80	130–150	–/–/–	–/–/–	90–100	60–70	40–45	–/–/–	–/–/–	130–140	110–120	55–60

Кормовая свекла (корни)	20,0–30,0	80	40–60	50–70	30–50	20–40	15–30	–	60–100	40–80	30–60	20–40	–
	30,1–50,0	80	60–100	70–110	50–80	40–70	30–50	10–20	100–180	80–150	60–110	40–60	20–30
	50,1–70,1	80	100–140	–/–	–/–	70–100	50–70	20–30	–/–	–/–	110–160	60–80	30–40
	70,1–90,0	80	140–180	–/–	–/–	–/–	70–80	30–40	–/–	–/–	–/–	80–110	40–60
Однолетние бобовые травы (з/м)	10,0–20,0	–	–	30–50	25–40	20–30	15–20	–	70–100	50–80	40–70	30–50	–
	20,1–30,0	–	–	50–70	40–60	30–50	20–30	–	100–130	80–110	70–100	50–70	20–30
	30,1–40,0	–	–	–/–	–/–	50–70	30–40	10–20	–/–	–/–	100–120	70–90	30–40
	40,1–50,0	–	–	–/–	–/–	–/–	40–50	10–20	–/–	–/–	–/–	90–110	40–50
Однолетние злаковые травы (з/м)	10,0–20,0	–	50–70	30–50	25–40	20–30	15–20	–	80–110	60–90	50–80	40–60	–
	20,1–30,0	–	70–90	50–70	40–60	30–50	20–30	–	110–140	90–120	80–110	60–80	30–35
	30,1–40,0	–	90–110	–/–	–/–	50–70	30–40	10–20	–/–	–/–	110–130	80–100	35–45
	40,1–50,0	–	110–120	–/–	–/–	–/–	40–50	10–20	–/–	–/–	–/–	100–120	45–55
Однолетние бобово-злаковые травы (з/м)	10,0–20,0	–	30–40	30–50	25–40	20–30	15–20	–	70–100	50–80	40–70	30–50	–
	20,1–30,0	–	40–55	50–70	40–60	30–50	20–30	–	100–130	80–110	70–100	50–70	20–30
	30,1–40,0	–	55–70	–/–	–/–	50–70	30–40	10–20	–/–	–/–	100–120	70–90	30–40
	40,1–50,0	–	70–90	–/–	–/–	–/–	40–50	10–20	–/–	–/–	–/–	90–110	40–50
Однолетние крестоцветные (з/м)	10,0–20,0	–	40–60	30–50	25–40	20–30	15–20	–	70–100	50–80	40–70	30–50	–
	20,1–30,0	–	60–80	50–70	40–60	30–50	20–30	–	100–130	80–110	70–100	50–70	20–30
	30,1–40,0	–	80–100	–/–	–/–	50–70	30–40	10–20	–/–	–/–	100–120	70–90	30–40
	40,1–50,0	–	100–110	–/–	–/–	–/–	40–50	10–20	–/–	–/–	–/–	90–110	40–50
Многолетние бобовые травы (сено)	3,0–4,0	–	–	50–70	45–60	40–50	30–40	–	100–120	90–110	80–100	50–70	–
	4,1–6,0	–	–	70–100	60–80	50–70	40–50	–	120–150	110–140	100–120	70–100	30–40
	6,1–8,0	–	–	–/–	–/–	70–90	50–60	20–30	–/–	–/–	120–140	100–120	40–50
	8,1–10,0	–	–	–/–	–/–	–/–	60–70	30–40	–/–	–/–	–/–	120–140	50–60
Многолетние злаковые травы (сено)	3,0–4,0	–	60–80	50–70	45–60	40–50	30–40	–	100–120	90–110	80–100	50–70	–
	4,1–6,0	–	80–110	70–100	60–80	50–70	40–50	–	120–150	110–140	100–120	70–100	30–40
	6,1–8,0	–	110–130	–/–	–/–	70–90	50–60	20–30	–/–	–/–	120–140	100–120	40–50
	8,1–10,0	–	130–150	–/–	–/–	–/–	60–70	30–40	–/–	–/–	–/–	120–140	50–60
Многолетние бобово-злаковые травы (сено)	3,0–4,0	–	40–50	50–70	45–60	40–50	30–40	–	100–120	90–110	80–100	50–70	–
	4,1–6,0	–	50–60	70–100	60–80	50–70	40–50	–	120–150	110–140	100–120	70–100	30–40
	6,1–8,0	–	60–70	–/–	–/–	70–90	50–60	20–30	–/–	–/–	120–140	100–120	40–50
	8,1–10,0	–	70–90	–/–	–/–	–/–	60–70	30–40	–/–	–/–	–/–	120–140	50–60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Сенокосы (сено)	2,0–4,0	–	40–70	30–50	25–45	20–35	15–25	–	70–100	60–90	50–75	30–50	–
	4,1–6,0	–	70–100	50–70	45–65	35–50	25–35	–	100–130	90–120	75–100	50–70	20–30
	6,1–8,0	–	100–130	70–90	65–85	50–65	35–45	20–25	130–160	120–150	100–125	70–90	30–40
	8,1–10,0	–	130–160	–//–	–//–	65–80	45–55	25–30	–//–	–//–	125–150	90–115	40–50
	10,1–12,0	–	160–180	–//–	–//–	–//–	55–70	30–40	–//–	–//–	–//–	115–140	50–60
Пастбища (з/м)	10,0–20,0	–	50–75	30–50	25–45	20–35	15–25	–	70–100	60–90	50–75	30–50	–
	20,1–30,0	–	75–100	50–70	45–65	35–50	25–35	–	100–130	90–120	75–100	50–70	20–30
	30,1–40,0	–	100–125	70–90	65–85	50–65	35–45	20–25	130–160	120–150	100–125	70–90	30–40
	40,1–50,0	–	125–150	–//–	–//–	65–80	45–55	25–30	–//–	–//–	125–150	90–115	40–50
	50,1–60,0	–	150–180	–//–	–//–	–//–	55–70	30–40	–//–	–//–	–//–	115–140	50–60

**Средние дозы удобрений под основные сельскохозяйственные культуры
на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками**

Культура	Планир. урожай- ность, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д. в.	Фосфорные удобрения, кг/га д. в.				Калийные удобрения, кг/га д. в.			
				Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг				Содержание K ₂ O в почве, мг/кг			
1	2	3	4	<100	101–150	151–200	201–300	<80	81–140	141–200	201–300
Озимые зерно- вые (зерно)	1,5–2,0	30	35–45	40–50	35–40	25–30	15–20	60–70	40–50	30–40	20–25
	2,1–2,5	30	45–55	50–60	40–50	30–35	20–25	70–80	50–60	40–50	25–30
	2,6–3,0	30	55–65	–//–	50–60	35–40	25–30	–//–	60–70	50–60	35–40
	3,1–3,5	30	65–75	–//–	–//–	40–45	30–35	–//–	–//–	60–70	45–50
	3,6–4,0	30	75–90	–//–	–//–	45–50	35–40	–//–	–//–	70–75	50–60
Яровые зерно- вые (зерно)	1,5–2,0	Послед. 50–60	40–45	40–45	35–40	25–30	15–20	60–70	40–50	30–40	20–30
	2,1–2,5		45–55	45–50	40–45	30–35	15–20	70–80	50–60	40–50	30–40
	2,6–3,0	Послед. 50–60	55–65	–//–	45–50	35–40	20–25	–//–	60–70	50–60	40–50
	3,1–3,5		65–75	–//–	–//–	40–45	20–25	–//–	–//–	60–70	50–60
	3,6–4,0		75–85	–//–	–//–	45–50	25–30	–//–	–//–	70–80	60–65

Зернобобовые (зерно)	1,0–1,5	–	–	40–50	35–45	30–35	20–25	65–80	55–70	45–60	30–45
	1,6–2,0	–	–	50–60	45–55	35–40	20–25	80–100	70–90	60–80	45–60
	2,1–2,5	–	–	–/–	55–65	40–45	25–30	–/–	90–110	80–100	60–75
	2,6–3,0	–	–	–/–	–/–	45–55	30–35	–/–	–/–	100–120	75–90
Гречиха (зерно)	0,5–1,0	–	30–50	35–55	25–40	20–30	15–20	55–85	45–70	35–55	20–30
	1,1–1,5	–	50–70	55–75	40–55	30–40	20–30	85–115	70–95	55–70	30–45
	1,6–2,0	–	70–90	–/–	–/–	40–55	30–35	–/–	–/–	70–90	45–60
Картофель (клубни)	15,0–20,0	60	55–75	55–65	35–45	30–40	25–30	75–95	55–70	45–60	30–40
	20,1–25,0	60	75–90	65–75	45–55	40–45	30–35	95–110	70–85	60–75	40–55
	25,1–30,0	60	90–100	–/–	55–65	45–50	35–40	–/–	85–100	75–90	55–70
	30,1–35,0	60	100–110	–/–	–/–	50–60	40–45	–/–	–/–	90–100	70–80
Кормовая свекла (корни)	20,0–30,0	80	45–65	45–65	25–40	20–30	15–20	70–110	50–80	35–65	25–40
	30,1–45,0	80	65–95	–/–	40–60	30–45	20–30	–/–	80–130	65–100	40–60
	45,1–60,0	80	100–130	–/–	–/–	45–60	30–40	–/–	–/–	100–140	60–80
Озимый рапс (семена)	1,0–1,5	–	45–65	45–60	35–50	25–35	20–25	65–80	45–60	35–50	20–30
	1,6–2,0	–	65–85	60–75	50–65	35–45	25–30	80–100	60–80	50–65	30–45
	2,1–2,5	–	85–105	–/–	–/–	45–55	30–35	–/–	–/–	65–80	45–60
Яровой рапс (семена)	1,0–1,5	–	45–60	45–55	30–40	20–30	15–20	65–85	45–65	35–55	20–30
	1,6–2,0	–	60–80	55–70	40–50	30–40	20–25	85–105	65–85	55–75	30–45
	2,1–2,5	–	80–95	–/–	–/–	40–50	25–30	–/–	–/–	75–90	45–60
Кукуруза (силос)	15,0–20,0	80	45–60	45–55	30–40	20–25	15–20	50–60	40–55	30–40	20–25
	20,1–25,0	80	60–75	55–65	40–50	25–30	15–20	60–80	55–70	40–50	25–30
	25,1–30,0	80	75–90	65–75	50–60	30–40	20–25	80–100	70–85	50–60	30–35
	30,1–35,0	80	90–105	–/–	60–65	40–50	25–30	–/–	85–100	60–70	35–40
	35,1–40,0	80	105–120	–/–	–/–	50–60	25–30	–/–	–/–	70–80	40–50
Однолетние бобовые травы (з/м)	10,0–15,0	–	–	30–40	25–35	20–25	15–20	75–90	55–70	45–55	35–45
	15,1–20,0	–	–	40–50	35–45	25–30	15–20	90–110	70–85	55–70	45–55
	20,1–25,0	–	–	–/–	45–50	30–40	20–25	–/–	85–100	70–85	55–65
	25,1–30,0	–	–	–/–	–/–	40–45	25–30	–/–	–/–	85–100	65–75
Однолетние злаковые травы (з/м)	10,0–15,0	–	40–45	30–40	25–35	20–25	15–20	80–95	65–80	45–55	35–45
	15,1–20,0	–	55–70	40–50	35–45	25–30	15–20	95–115	80–95	55–70	45–55
	20,1–25,0	–	70–80	–/–	45–50	30–40	20–25	–/–	95–110	70–85	55–65
	25,1–30,0	–	80–90	–/–	–/–	40–45	25–30	–/–	–/–	85–100	65–75

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Однолетние бобово-злаковые травы (з/м)	10,0–15,0	–	35–45	30–40	25–35	20–25	15–20	75–90	55–70	45–55	35–45
	15,1–20,0	–	35–55	40–50	35–45	25–30	15–20	90–110	70–85	55–70	45–55
	20,1–25,0	–	55–70	–/–	45–50	30–40	20–25	–/–	85–100	70–85	55–65
	25,1–30,0	–	70–80	–/–	–/–	40–45	25–30	–/–	–/–	85–100	65–75
Однолетние крестоцветные (з/м)	10,0–15,0	–	45–55	30–40	25–35	20–25	15–20	75–90	55–70	45–55	35–45
	15,1–20,0	–	55–65	40–50	35–45	25–30	15–20	90–110	70–85	55–70	45–55
	20,1–25,0	–	65–75	–/–	45–50	30–40	20–25	–/–	85–100	70–85	55–65
	25,1–30,0	–	75–85	–/–	–/–	40–45	25–30	–/–	–/–	85–100	65–75
Многолетние бобовые травы (сено)	2,0–3,0	–	–	35–45	30–40	25–30	20–25	80–100	70–90	60–75	40–55
	3,1–4,0	–	–	45–55	40–50	30–40	25–30	100–120	90–110	75–90	55–70
	4,1–5,0	–	–	–/–	50–60	40–50	30–35	–/–	110–130	90–110	70–90
	5,1–6,0	–	–	–/–	–/–	50–60	35–40	–/–	–/–	110–130	90–110
Многолетние злаковые травы (сено)	2,0–3,0	–	45–60	35–45	30–40	25–30	20–25	80–100	70–90	60–75	40–55
	3,1–4,0	–	60–75	45–55	40–50	30–40	25–30	100–120	90–110	75–90	55–70
	4,1–5,0	–	75–90	–/–	50–60	40–50	30–35	–/–	110–130	90–110	70–90
	5,1–6,0	–	90–100	–/–	–/–	50–60	35–40	–/–	–/–	110–130	90–110
Многолетние бобово-злаковые травы (сено)	2,0–3,0	–	30–40	35–45	30–40	25–30	20–25	80–100	70–90	60–75	40–55
	3,1–4,0	–	40–50	45–55	40–50	30–40	25–30	100–120	90–110	75–90	55–70
	4,1–5,0	–	50–65	–/–	50–60	40–50	30–35	–/–	110–130	90–110	70–90
	5,1–6,0	–	65–75	–/–	–/–	50–60	35–40	–/–	–/–	110–130	90–110
Сенокосы (сено)	2,0–3,0	–	45–60	30–40	25–35	20–25	15–20	80–100	70–90	55–70	35–50
	3,1–4,0	–	60–75	40–50	35–45	25–30	15–20	100–120	90–110	70–90	50–65
	4,1–5,0	–	75–90	–/–	45–55	30–40	20–25	–/–	110–130	90–110	65–80
	5,1–6,0	–	90–110	–/–	–/–	40–45	25–30	–/–	–/–	110–130	80–100
Пастбища (з/м)	10,0–15,0	–	50–65	30–40	25–35	20–25	15–20	80–100	70–90	55–70	35–50
	15,1–20,0	–	65–80	40–50	35–45	25–30	15–20	100–120	90–110	70–90	50–65
	20,1–25,0	–	80–95	–/–	45–55	30–40	20–25	–/–	110–130	90–110	65–80
	25,1–30,0	–	95–110	–/–	–/–	40–45	25–30	–/–	–/–	110–130	80–100

Рекомендуемые дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры на торфяно-болотных почвах

Культура	Планир. урожайность, т/га	Навоз, т/га	Азотные удобрения, кг/га д. в.	Фосфорные удобрения, кг/га д. в.					Калийные удобрения, кг/га д. в.				
				Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг					Содержание K ₂ O в почве, мг/кг				
				<200	201–400	401–600	601–800	801–1000	<200	201–400	401–600	601–1000	801–1300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Озимые зерновые (зерно)	3,0–4,0	–	20–25	80–95	65–80	50–65	35–50	20–25	90–110	65–85	55–75	35–55	25–35
	4,1–5,0	–	25–30	95–100	80–95	65–80	50–60	25–30	110–130	85–105	75–95	55–75	35–40
	5,1–6,0	–	30–40	–/–	–/–	80–90	60–70	30–40	–/–	–/–	95–110	75–90	50–60
Яровые зерновые (зерно)	3,0–4,0	–	20–25	65–85	50–60	40–55	30–40	20–25	90–110	75–85	65–80	35–55	25–35
	4,1–5,0	–	25–30	85–100	60–80	55–70	40–50	25–30	110–130	95–110	80–95	55–75	35–45
	5,1–6,0	–	30–40	–/–	–/–	70–80	50–60	30–40	–/–	–/–	95–110	75–90	45–55
Зернобобовые (зерно)	1,5–2,5	–	–	55–85	45–75	35–55	25–40	15–20	90–110	80–100	65–90	45–70	20–35
	2,6–3,5	–	–	85–110	75–105	55–75	40–55	20–30	110–135	100–125	90–115	70–100	35–50
	3,6–4,5	–	–	–/–	–/–	75–100	55–70	30–40	–/–	–/–	115–140	100–130	50–60
Картофель (клубни)	15,0–20,0	–	20–25	65–75	45–55	40–50	30–35	20–25	75–95	55–75	45–60	30–45	20–30
	21,0–25,0	–	25–30	75–90	55–70	50–60	35–45	25–30	95–115	75–95	60–80	45–60	30–40
	25,1–30,0	–	30–35	–/–	70–85	60–70	45–55	30–35	–/–	95–115	80–100	60–75	40–50
	30,1–35,0	–	35–40	–/–	–/–	70–80	55–65	35–40	–/–	–/–	100–115	75–90	50–55
	35,1–40,0	–	40–45	–/–	–/–	80–95	65–75	40–45	–/–	–/–	115–130	90–100	55–60
Кормовая свекла (корни)	20,0–30,0	–	20–30	55–80	35–60	25–50	20–30	15–20	70–120	50–100	35–80	25–45	20–30
	30,1–50,0	–	30–40	–/–	60–90	50–75	30–45	20–25	–/–	100–170	80–125	45–70	30–45
	50,1–70,0	–	40–50	–/–	–/–	75–100	45–65	25–35	–/–	–/–	125–170	70–95	45–60
	70,1–90,0	–	50–70	–/–	–/–	–	65–85	35–45	–/–	–/–	x	95–120	60–70
Однолетние злаковые травы (з/м)	15,0–20,0	–	30–35	50–65	35–45	30–40	25–30	15–20	100–130	90–110	75–100	55–70	30–35
	20,1–30,0	–	35–40	–/–	45–60	40–55	30–40	20–30	–/–	110–140	100–130	70–90	35–45
	30,1–40,0	–	40–45	–/–	–/–	55–70	40–50	30–35	–/–	–/–	130–135	90–110	45–60
	40,1–50,0	–	45–50	–/–	–/–	–/–	50–60	35–40	–/–	–/–	–/–	110–130	60–70

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Однолетние бобово-злаковые травы (з/м)	15,0–20,0	–	15–20	50–65	35–45	30–40	25–30	15–20	90–120	80–100	65–90	50–65	25–30
	20,1–30,0	–	20–25	–/–	45–60	40–55	30–40	20–30	–/–	100–130	90–120	65–85	30–40
	30,1–40,0	–	25–30	–/–	–/–	55–70	40–50	30–35	–/–	–/–	120–150	85–105	40–50
	40,1–50,0	–	30–35	–/–	–/–	–/–	50–60	35–40	–/–	–/–	–/–	105–120	50–60
Однолетние крестоцветные (з/м)	15,0–20,0	–	25–30	50–65	35–45	30–40	25–30	15–20	90–120	80–100	65–90	50–65	25–30
	20,1–30,0	–	30–35	–/–	45–60	40–55	30–40	20–30	–/–	100–130	90–120	65–85	30–40
	30,1–40,0	–	35–40	–/–	–/–	55–70	40–50	30–35	–/–	–/–	120–150	85–105	40–50
	40,1–50,0	–	40–45	–/–	–/–	–/–	50–60	35–40	–/–	–/–	–/–	105–120	50–60
Многолетние бобовые травы (сено)	3,0–4,0	–	–	55–70	50–65	40–50	25–35	10–15	110–130	100–120	90–110	55–75	30–40
	4,1–6,0	–	–	70–90	65–85	50–70	35–50	15–25	130	120–150	110–135	75–100	40–55
	6,1–8,0	–	–	–/–	–/–	70–85	50–60	25–30	–/–	–/–	135–160	100–125	55–70
	8,1–10,0	–	–	–/–	–/–	85–100	60–70	30–35	–/–	–/–	160–180	125–150	70–80
Многолетние злаковые травы (сено)	3,0–4,0	–	30–40	55–70	50–65	40–50	25–35	10–15	110–130	100–120	90–110	55–75	30–40
	4,1–6,0	–	40–50	70–90	65–85	50–70	35–50	15–25	130–165	120–150	110–135	75–100	40–55
	6,1–8,0	–	50–60	–/–	–/–	70–85	50–60	25–30	–/–	–/–	135–160	100–125	55–70
	8,1–10,0	–	60–70	–/–	–/–	85–100	60–70	30–35	–/–	–/–	160–180	125–150	70–80
Многолетние бобо-злаковые травы (сено)	3,0–4,0	–	20–25	55–70	50–65	40–50	25–35	10–15	110–130	100–120	90–110	55–75	30–40
	4,1–6,0	–	25–30	70–90	65–85	50–70	35–50	15–25	130–165	120–150	110–135	75–100	40–55
	6,1–8,0	–	30–35	–/–	–/–	70–85	50–60	25–30	–/–	–/–	135–160	100–125	55–70
	8,1–10,0	–	35–40	–/–	–/–	85–100	60–70	30–35	–/–	–/–	160–180	125–150	70–80
Сенокосы (сено)	2,0–4,0	–	30–35	30–50	25–45	20–35	15–25	10–25	80–110	70–100	55–80	35–55	25–35
	4,1–6,0	–	35–40	50–70	45–65	35–50	25–35	15–20	110–140	100–130	80–110	55–80	35–45
	6,1–8,0	–	40–50	70–90	65–85	50–65	35–45	20–25	140–170	130–160	110–140	80–105	45–55
	8,1–10,0	–	50–60	–/–	–/–	65–80	45–55	25–30	–/–	–/–	140–165	105–130	55–65
	10,1–12,0	–	60–70	–/–	–/–	80–90	55–60	30–35	–/–	–/–	165–190	130–150	65–80
Пастбища (з/м)	10,0–20,0	–	30–35	30–50	25–45	20–35	15–25	10–25	80–110	70–100	55–80	35–55	25–35
	20,1–30,0	–	35–40	50–70	45–65	35–50	25–35	15–20	110–140	100–130	80–110	55–80	35–45
	30,1–40,0	–	40–50	70–90	65–85	50–65	35–45	20–25	140–170	130–160	110–140	80–105	45–55
	40,1–50,0	–	50–60	–/–	–/–	65–80	45–55	25–30	–/–	–/–	140–165	105–130	55–65
	50,1–60,0	–	60–70	–/–	–/–	8090	55–60	30–35	–/–	–/–	165–190	130–150	65–80

Вынос азота, фосфора, калия, кальция, магния и серы с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции на минеральных почвах, кг

Культуры	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
1	2	3	4	5	6	7	8
Озимая пшеница	Зерно	2,82	1,08	1,92	0,47	0,31	0,50
Озимая рожь	Зерно	2,80	1,21	2,33	0,41	0,31	0,60
Озимый ячмень	Зерно	2,50	1,11	2,50	0,46	0,31	0,83
Озимая тритикале	Зерно	2,60	1,15	2,10	0,42	0,30	0,86
Яровая пшеница	Зерно	3,04	1,16	2,47	0,32	0,24	0,60
Яровой ячмень	Зерно	2,90	1,19	2,74	0,48	0,30	0,90
Овес	Зерно	2,59	1,24	2,86	0,42	0,33	1,20
Гречиха	Зерно	3,75	1,98	4,82	0,81	0,34	0,80
Просо	Зерно	3,00	1,20	3,00	0,36	0,18	1,20
Яровая тритикале	Зерно	2,60	1,15	2,10	0,48	0,30	0,76
Люпин	Зерно	8,43	1,99	4,40	1,88	0,85	1,42
Пелюшка	Зерно	6,36	2,49	3,56	2,18	0,80	1,64
Горох	Зерно	5,89	1,40	2,90	2,40	0,48	1,05
Фасоль	Зерно	4,50	1,07	3,79	2,15	0,51	0,80
Бобы кормовые	Зерно	5,30	1,81	3,21	2,50	0,74	1,19
Сераделла	Зерно	6,00	1,80	3,80	2,10	0,87	1,20
Вика яровая	Зерно	6,00	1,80	3,80	2,14	0,66	1,21
Лен-долгунец	Волокно	5,81	2,29	7,30	1,50	0,78	1,60
Конопля	Волокно	6,02	3,28	5,09	1,47	0,80	2,16
Сахарная свекла	Корни	0,40	0,16	0,65	0,16	0,12	0,16
Кормовая свекла	Корни	0,35	0,11	0,78	0,09	0,08	0,10
Кузукику	Корни	0,34	0,13	0,75	0,10	0,09	0,12
Морковь кормовая	Корни	0,26	0,10	0,50	0,09	0,08	0,10
Турнепс	Корни	0,27	0,10	0,37	0,08	0,07	0,20
Брюква кормовая	Корни	0,30	0,10	0,43	0,09	0,07	0,10

1	2	3	4	5	6	7	8
Картофель столовый	Клубни	0,54	0,16	1,07	0,22	0,11	0,08
Картофель семенной	Клубни	0,54	0,22	0,98	0,21	0,11	0,11
Картофель технический	Клубни	0,54	0,20	0,95	0,20	0,10	0,10
Кукуруза на силос	Зел. масса	0,33	0,12	0,42	0,06	0,05	0,09
Однолетние бобово-злаковые травы	Зел. масса	0,45	0,13	0,43	0,09	0,06	0,10
Однолетние бобово-злаковые травы	Сено	1,74	0,54	2,59	0,46	0,29	0,40
Однолетние злаковые травы	Зел. масса	0,28	0,11	0,51	0,14	0,06	0,06
Однолетние злаковые травы	Сено	1,39	0,55	2,54	0,69	0,28	0,40
Однолетние бобовые травы	Зел. масса	0,46	0,12	0,40	0,35	0,09	0,08
Однолетние бобовые травы	Сено	2,28	0,56	1,80	1,72	0,46	0,41
Многолетние бобово-злаковые травы	Сено	1,73	0,54	2,57	1,30	0,48	0,40
Многолетние бобово-злаковые травы	Зел. масса	0,35	0,11	0,51	0,24	0,09	0,07
Многолетние злаковые травы	Сено	1,49	0,45	2,41	0,49	0,20	0,15
Многолетние злаковые травы	Зел. масса	0,30	0,09	0,48	0,10	0,04	0,04
Многолетние бобовые травы	Сено	2,34	0,51	2,72	1,53	0,76	0,26
Многолетние бобовые травы	Зел. масса	0,43	0,10	0,44	0,30	0,15	0,05
Сенокосы	Сено	1,61	0,49	2,20	0,95	0,41	0,20
Сенокосы естественные	Сено	1,68	0,26	2,07	0,90	0,10	0,14
Пастбища	Зел. масса	0,53	0,08	0,49	0,25	0,12	0,05
Пастбища естественные	Зел. масса	0,43	0,06	0,62	0,20	0,10	0,04
Рапс яровой	Зел. масса	0,50	0,10	0,49	0,30	0,12	0,06
Рапс озимый	Зел. масса	0,50	0,07	0,47	0,28	0,11	0,04
Редька масличная	Зел. масса	0,43	0,13	0,55	0,16	0,10	0,08
Озимая рожь	Зел. масса	0,48	0,12	0,40	0,12	0,06	0,07
Озимый рапс	Семена	5,8	2,9	8,6	0,52	0,19	1,90

Яровой рапс	Семена	5,5	3,0	7,0	0,51	0,20	2,70
Многолетние бобовые травы	Семена	26,0	6,5	20,0	1,91	0,90	3,84
Многолетние злаковые травы	Семена	19,5	7,5	18,5	0,41	0,35	4,95
Кукуруза	Зерно	3,0	1,2	3,3	0,50	0,31	0,08
Плодовые деревья	Плоды	0,5	0,16	0,6	–	–	–
Ягодники	Ягоды	0,91	0,3	0,96	–	–	–
Капуста белокочанная	Кочаны	0,40	0,10	0,45	0,58	0,2	0,20
Томаты	Плоды	0,16	0,05	0,28	0,20	0,17	0,10
Огурцы	Плоды	0,13	0,05	0,23	0,15	0,10	0,06
Лук	Луковицы	0,30	0,12	0,40	0,20	0,11	0,06
Овощи (в среднем)	Товарная продукция	0,25	0,08	0,35	0,32	0,15	0,05
Зеленные овощи	Товарная продукция	0,3	0,1	0,45	–	–	–
Растениеводческая продукция (на 100 к. ед.)	к. ед.	2,1	0,8	2,2	0,81	0,43	0,53

**Возврат азота на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах,
подстилаемых мореной, % к выносу**

Культура	Группы урожайности				
	I	II	III	IV	V
1. Озимые зерновые, кукуруза (зерно), картофель столовый и технический, кормовая свекла, кукурузу, турнепс, горчица (з. м.), редька масличная (з. м.), сурепица (з. м.), морковь столовая	110	100	90	80	70
2. Яровые зерновые (зерно), картофель (семена), просо (зерно), озимый и яровой рапс (з. м.), многолетние злаковые травы (семена), однолетние злаковые травы (сем.), озимые (з. м.), озимые (з. м.) + травы, яровые (з. м.), яровые (з. м.) + травы, свекла столовая, многолетние боб.-злак. травы (сено), кормовая капуста, райграсс однолетний + травы, ягодники	100	90	80	70	60
3. Сахарная свекла, кормовая брюква, сенокосы и пастбища естественные	130	120	110	100	90
4. Кукуруза (з. м.), яровой рапс (семена), озимый рапс (сем.), горчица (сем.), сурепица (сем.), редька масличная (сем.), конопля, райграсс пастбищный (сено), однолетние травы (сено)	150	140	130	120	110
5. Лен, однолетние боб.-злак. смеси (зерно), сераделла (семена)	70	65	60	55	50
6. Гречиха (зерно), капуста белокочанная, морковь кормовая, амарант (з. м.), пастбища культурные	120	110	100	90	80
7. Горох, вика, пелюшка (зерно), горох (з. м.), многолетние бобовые травы (сено)	40	35	30	25	20
8. Вика (з. м.), кормовые бобы (з. м.), фасоль (зерно)	50	45	40	35	30
9. Кормовые бобы (зерно), однолетние боб.-злак. травы (з. м.), райграсс однолетний (сем.), однолетние боб.-злак. травы (з. м.) + травы	60	55	50	45	40
10. Многолетние бобовые травы (сем.), люпин (зерно), люпин (з. м.)	00	00	00	00	00
11. Огурцы	400	380	350	310	320
12. Зеленные овощи, лук-репка, томаты, плодовые деревья, многолетние злаковые травы (сено)	180	170	160	150	140

**Возврат фосфора на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах,
подстилаемых мореной, % к выносу**

Культура	Уровень урожайности	Коэффициенты возврата при содержании P ₂ O ₅ в почвах, мг/кг				
		<100	101–150	151–200	201–300	301–400
1	2	3	4	5	6	7
1. Озимая пшеница, озимые зерновые (з. м.) + травы, озимый ячмень, кукуруза (зерно), многолетние злак. травы (семена), яровые на зерно + травы, яровые (з. м.), горчица (з. м.), яровой рапс (з. м.), смеси однолетних боб.-злак. трав (зерно), пелюшка (з. м.), свекла столовая	1	260	220	200	130	–
	2	250	210	190	125	55
	3	240	200	180	120	50
	4	220	180	160	110	45
	5	200	170	150	100	40
2. Озимая рожь, озимая тритикале, кормовые бобы, вика, сераделла (з. м.), райграс однолетний (сено), кузукику, сенокосы улучшенные	1	240	200	180	120	–
	2	230	190	170	110	50
	3	220	180	160	105	45
	4	190	160	140	100	40
	5	180	150	130	90	35
3. Ячмень, яровая пшеница, овес, просо, яровая тритикале (зерно), озимый и яровой рапс (семена), люпин, вика, корм. бобы (зерно), горох (з. м.), редька масличная (з. м.), однолетние боб.-злак. травы (з. м.)	1	220	180	160	110	–
	2	200	170	150	100	45
	3	190	160	140	95	40
	4	180	150	130	90	35
	5	170	140	120	80	30
4. Картофель, морковь столовая и кормовая, озимый рапс (з. м.), сурепица (з. м.), клевер красный (сено), райграс однолетний (з. м.) + травы, многолетние боб.-злак. травы (сено), фасоль (зерно), яровые (з. м.) + травы, капуста белокочанная	1	370	310	280	190	75
	2	340	280	250	170	70
	3	310	260	230	160	65
	4	280	230	210	140	60
	5	250	210	190	130	55
5. Лен, сераделла (семена), томаты, огурцы, пастбища естественные	1	650	540	490	320	140
	2	600	500	450	300	130
	3	550	460	410	280	120
	4	500	420	380	250	110
	5	470	390	350	230	100

1	2	3	4	5	6	7
6. Сахарная и кормовая свекла, редька, горчица, сурепица (зерно), гречиха, горох (зерно), однолетние боб.-злак. травы (з. м.) + травы, кукуруза (з. м.), озимые (з. м.), озимая рожь + травы, озимая и яровая тритикале + травы, пастбища культурные	1	300	250	220	150	65
	2	270	230	210	140	60
	3	250	210	190	130	55
	4	230	190	170	120	50
	5	220	180	160	110	45
7. Озимая пшеница + травы, озимый ячмень + травы, кормовая брюква, люцерна (сено), ягодники	1	320	270	240	160	70
	2	300	250	220	150	65
	3	280	230	200	140	60
	4	250	210	190	130	55
	5	240	200	180	120	50
8. Многолетние бобовые травы (семена и сено)	1	400	330	300	200	80
	2	360	300	270	180	75
	3	330	280	250	170	70
	4	310	260	230	160	65
	5	280	230	210	140	60
9. Райграс однолетний (семена), кормовая капуста, люпин, пелюшка (зерно), амарант (з. м.), семенники (свеклы, моркови, капусты, крестоцветных)	1	180	150	140	90	45
	2	170	140	130	90	40
	3	160	130	120	75	35
	4	140	120	110	70	30
	5	130	110	100	60	25
10. Конопля, галега	1	510	430	380	260	110
	2	440	370	330	220	100
	3	400	330	300	200	90
	4	360	300	270	180	80
	5	340	280	250	170	70
11. Зеленные овощи, лук-репка, плодовые деревья, сенокосы естественные, многолетние злаковые травы	1	550	460	410	280	120
	2	500	420	380	250	110
	3	460	380	340	230	100
	4	430	360	320	220	90
	5	410	340	310	200	80

Классификатор минеральных удобрений

Удобрение	Формула	Код	Действующее вещество, %										
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	S	Mn	Cu	B	Zn	Mo	Co
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Селитра аммиачная (нитрат аммония)	NH ₄ NO ₃	11	34,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сульфат аммония (серноокислый аммоний)	(NH ₄) ₂ SO ₄	12	20,5	–	–	–	24,0	–	–	–	–	–	–
Сульфат аммония медленнодействующий	(NH ₄) ₂ SO ₄	13	20,5	–	–	–	24,0	–	–	–	–	–	–
Карбамид (мочевина)	CO(NH ₂) ₂	14	46,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Карбамид (мочевина) медленнодействующий	CO(NH ₂) ₂	15	46,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
КАС (раствор мочевины и аммиачной селитры)	NH ₄ NO ₃ + CO(NH ₂) ₂	16	28,0 30,0 32,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
КАС с медью	NH ₄ NO ₃ + CO(NH ₂) ₂ + Cu	17	28,0 30,0 32,0	–	–	–	–	–	0,5	–	–	–	–
КАС с фосфором		18	18,0	6,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Аммиачная вода	NH ₄ OH + NO ₃	19	20,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Безводный аммиак (жидкий аммиак)	NH ₃	20	82,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Известково-аммиачная селитра	NH ₄ NO ₃ + CaCO ₃	21	21,0– 28,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сульфат-нитрат аммония (кальциево-аммиачная селитра)	(NH ₄) ₂ SO ₄ · NH ₄ NO ₃	22	26,0	–	–	–	15,0	–	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Суперфосфат простой порошковидный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	31	–	20,0	–	–	12,0	–	–	–	–	–	–
Суперфосфат простой гранулированный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	32	–	20,0	–	–	12,0	–	–	–	–	–	–
Суперфосфат двойной гранулированный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	33	–	43,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Суперфос		34	–	43,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Калий хлористый (хлорид калия)	KCl	51	–	–	60,0	2,0	–	–	–	–	–	–	–
Калий сернокислый (сульфат калия)	K_2SO_4	52	–	–	46,0	–	18,0	–	–	–	–	–	–
Калимагнезия	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	53	–	–	30,0	–	18,0	–	–	–	–	–	–
Калийная соль, 40 %	$\text{KCl} + \text{NaCl}$	54	–	–	40,0	20,0	–	–	–	–	–	–	–
Аммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	61	11,0	46,0–52,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Аммофосфат		62	6,0	45,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Аммонизированный суперфосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	63	3,0–8,0	22,0–33,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Диаммонийфосфат (диаммофос)	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	64	18,0	46,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ЖКУ		65	10,0	34,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Селитра калиевая (нитрат калия)	KNO_3	66	13,0	–	46,0	–	–	–	–	–	–	–	–
Сложное NPK-удобрение (16:11:20)		67	16,0	11,0	20,0	–	–	–	–	–	–	–	–

Справочник приоритетов минеральных удобрений

Культуры	Коды культуры	Азот			Фосфор	Калий
		Основное внесение	Первая подкормка	Вторая подкормка	Основное внесение (подкормка трав)	
		Коды удобрений				
Озимые зерновые (зерно)	111–114	68,			68,	51
Озимые + травы	116–119	61–64	16	17	61–64	
Озимые (зеленая масса)	633	68, 61–64	16	–	68, 61–64	51
Яровые зерновые (зерно)	121–127	12–16				
Яровые + травы	131–135	61–64	17,16	–	61–64	51
Кукуруза (зеленая масса)	581	12–16 61–64	16	–	61–64	51
Яровые (зеленая масса)	635	12–16 61–64	–	–	61–64	51
Рапс (семена)	431–432	12,13, 61–64	–	–	61–64	52, 53, 51
Лен	411	68, 12–16	–	–	68, 61–64	68, 51
Конопля	412	68, 12–16	–	–	68, 61–64	68, 51
Зернобобовые (зерно)	211–218	61–64	–	–	61–64	51
Картофель	511–513	12, 13 61–64	–	–	61–64	51–53
Сахарная свекла	413	12–16, 61–64	12, 13, 15	–	61–64	54, 51
Кормовые корнеплоды	561–566	12–16, 61–64	12,13,15	–	61–64	54, 51
Гречиха	127	12–16, 61–64	–	–	61–64	52, 53, 51
Бобово-злаковые смеси	620–621, 651 687–688	12–16, 61–64	–	–	61–64	51, 54
Крестоцветные (семена)	433–436	12, 13 61–64	–	–	61–64	51, 52, 53
Крестоцветные (зеленая масса)	641–646	12, 13 61–64	–	–	61–64	51, 52, 53
Злаковые травы	651–658 681–686, 696	16, 16 61–64	17, 16	17, 16	61–64	54, 51
Бобовые травы	611–618, 691–695, 698	61–64	–	–	61–64	54, 51
Сенокосы	711–713	12–16, 61–64	16, 17	16, 17	61–64	54, 51
Пастбища	721–723	12–16, 61–64	16, 17	16, 17	61–64	54, 51
Овощи	521–528	70	–	–	61–64	52, 53
Сады, ягодники	813–814	70	–	–	61–64	52, 53

Курсив – сопутствующие элементы питания.

Система удобрения сельскохозяйственных культур

Доза органических удобрений, т/га		Основное + припосевное внесение минеральных удобрений, кг/га									Подкормки азотом (первая, вторая), кг/га			Некорневая подкормка микроэлементами, г/га			
		Азот			Фосфор			Калий									
год внесения	послед-ствие	форма	д. в.	физ. вес	форма	д. в.	физ. вес	форма	д. в.	физ. вес	форма	д. в.	физ. вес	Mo	B	Cu	Zn

Хозяйство, бригада, поле, рабочий участок, элементарный участок, площадь (га), культура, гранулометрический состав, рН_{KCl}, P₂O₅ (мг/кг), K₂O (мг/кг), гумус (%), магний (мг/кг), марганец (мг/кг), бор (мг/кг), медь (мг/кг), цинк (мг/кг), цезий и стронций (Ки/м²).

Требуется

Вносится с органическими удобрениями

Потребность в минеральных удобрениях

Выделено минеральных удобрений

Формы удобрений

Потребность в минеральных удобрениях под сельскохозяйственные культуры на 20__ год

Наименование культур	Плановая посевная площадь, га	Плановая урожайность, ц/га	Верхняя строка – требуется, нижняя – выделяется										
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mo	B	Cu	Zn	
			тонн			кг/га			кг д. в.				

Всего по хозяйству

В т. ч.:

пашня

сенокосы

пастбища

**Энергетические затраты на погрузку, транспортировку и внесение
твердых органических удобрений (МДж/т)**

Расстояние, км	Доза внесения, т/га					
	Прямоточная технология			Перевалочная технология		
	20	40	60	20	40	60
0,5	93	86	80	–	–	–
1,0	109	102	96	–	–	–
1,5	125	118	112	–	–	–
2,0	140	134	128	220	209	198
2,5	157	151	144	233	222	210
3,0	172	165	159	246	234	223
3,5	188	180	174	259	245	236
4,0	204	195	190	272	258	249
4,5	220	211	204	285	272	261
5,0	235	227	221	298	285	274
5,5	250	243	237	310	298	287
6,0	266	260	253	323	312	300
6,5	283	270	269	337	326	314
7,0	298	292	284	350	338	326
7,5	313	307	300	361	351	339
8,0	328	324	315	374	364	351
8,5	343	340	329	387	378	364
9,0	359	355	346	400	390	377
9,5	374	370	362	412	403	390
10,0	394	385	379	425	417	402
11,0	425	416	411	449	440	425

Формула расчета прогнозируемого урожая

$$Y_{п} = [(B \cdot Ц_б) + (D_{NPK} \cdot O_{NPK}) + (D_{оу} \cdot O_{оу})] : 100,$$

где $Y_{п}$ – прогнозируемый урожай, ц/га;

B – балл пашни;

$Ц_б$ – цена балла пашни, кг (к. ед.);

$(B \cdot Ц_б)$ – урожай, обусловленный потенциальным плодородием почв, кг/га;

D_{NPK} – доза минеральных удобрений в действующем веществе, кг/га;

O_{NPK} – нормативная оплата минеральных удобрений, кг (к. ед.) на 1 кг NPK;

$(D_{NPK} \cdot O_{NPK})$ – прибавка урожая за счет действия минеральных удобрений, кг/га;

$D_{оу}$ – доза органических удобрений, т/га;

$O_{оу}$ – нормативная оплата органических удобрений урожаем, кг (к. ед.) на 1 т;

$(D_{оу} \cdot O_{оу})$ – прибавка урожая за счет органических удобрений, кг/га;

100 – коэффициент перевода килограммов в центнеры.

Пример расчета: балл пашни – 31,4, внесено под озимую рожь – 200 кг/га NPK, 30 т/га органических удобрений. Фактический урожай – 34,5 ц/га.

Прогнозируемый урожай составит:

$$[(31,4 \cdot 52) + (200 \cdot 6,1) + (30 \cdot 25)] : 100 = 36,0 \text{ ц/га.}$$

Уровень использования плодородия почв и удобрений составит: $34,5 : 36,0 = 0,96$.

Фактическая окупаемость составит:

$$6,1 \cdot 0,96 = 5,9 \text{ кг зерна на 1 кг NPK.}$$

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	5
2. ВЫПОЛНЕНИЕ ДИПЛОМНЫХ РАБОТ ПО АГРОХИМИИ И СИСТЕМЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	6
2.1. Действие различных доз удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур.....	7
2.2. Действие различных форм удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур.....	8
2.3. Оценка различных видов органических удобрений.....	9
2.4. Исследования эффективности diaзотрофных, фосфат- и калиймобилизирующих биопрепаратов.....	9
2.5. Комплексное применение удобрений и средств защиты растений.....	9
2.6. Исследование различных систем применения удобрений в севооборотах.....	10
2.7. Разработка системы удобрения в хозяйстве.....	10
2.8. Система применения удобрений при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.....	13
3. ОРГАНИЧЕСКИЕ И БАКТЕРИАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ.....	19
3.1. Органические удобрения.....	19
3.2. Бактериальные удобрения.....	39
3.3. Определение потребности в органических удобрениях.....	44
4. РАСЧЕТ НАКОПЛЕНИЯ НАВОЗА В ХОЗЯЙСТВЕ.....	46
5. РАЗРАБОТКА МНОГОЛЕТНИХ ПЛАНОВ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТАХ, НА ПАШНЕ И ДРУГИХ УГОДЬЯХ.....	48
5.1. Расчет оптимальных доз минеральных удобрений с использованием рекомендаций и компьютерных программ.....	52
5.1.1. Биологические особенности сельскохозяйственных культур.....	55
5.1.2. Почвенные условия.....	56
5.1.3. Варианты разработки системы удобрения сельскохозяйственных культур.....	60
5.1.4. Минеральные удобрения и их распределение под сельскохозяйственные культуры по ассортименту.....	63
5.1.5. Расчет потребности в микроудобрениях.....	83
5.1.6. Выходная документация.....	91
6. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ И СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	92
6.1. Озимые зерновые культуры.....	92
6.2. Яровые зерновые культуры.....	105
6.3. Зернобобовые культуры.....	118
6.4. Просо.....	126
6.5. Гречиха.....	129
6.6. Лен-долгунец.....	132
6.7. Сахарная свекла.....	136
6.8. Кормовая свекла.....	141
6.9. Кукуруза.....	143
6.10. Картофель.....	147
6.11. Озимый и яровой рапс.....	150
6.12. Подсолнечник.....	156

6.13. Однолетние и многолетние травы	158
6.14. Овощные культуры	164
6.15. Плодовые и ягодные культуры	175
6.15.1. Подготовка почвы и внесение удобрений при посадке сада и ягодников	175
6.15.2. Удобрение молодого и плодоносящего сада	177
6.15.3. Удобрение ягодных культур	181
7. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА СЕНОКОСАХ И ПАСТБИЩАХ.....	183
8. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ.....	185
9. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР.....	188
10. БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ГУМУСА В ПОЧВЕ.....	189
11. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ХОЗЯЙСТВЕННОГО (ОБЩЕГО) БАЛАНСА ОСНОВНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ	191
12. СОСТАВЛЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ПЛАНА ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВ	220
13. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ.....	229
14. РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	235
14.1. Расчет энергетической эффективности удобрений	235
14.2. Расчет экономической эффективности удобрений.....	241
15. ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	246
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	255
ПРИЛОЖЕНИЯ	257

Учебное издание

Вильдфлуш Игорь Робертович
Воробьев Вадим Борисович
Лапа Виталий Витальевич и др.

АГРОХИМИЯ И СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *С. Н. Кириленко*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 05.12.2023. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 19,06. Уч.-изд. л. 16,54.
Тираж 60 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.