

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Т.А. Власова, Н.П. Чекаев

**СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
КУЛЬТУР**



Пенза 2017

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Кафедра «Почвоведение и агрохимия»

Т.А. Власова, Н.П. Чекаев

**СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
КУЛЬТУР**

**Учебное пособие
для студентов, обучающихся
по направлению 35.04.03 - Агрохимия и агропочвоведение
(уровень магистратуры)**

Пенза 2017

УДК 631.86 (075)
ББК 40.40 (я 7)
В 58

Рецензент – Е.В. Жеряков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Растениеводство и лесное хозяйство» ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

Печатается по решению методической комиссии агрономического факультета Пензенского ГАУ от 20 февраля 2017 г., протокол № 15.

Власова, Татьяна Алексеевна

В 58 Система удобрений сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Т.А. Власова, Н.П. Чекаев. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – 231 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Система удобрений сельскохозяйственных культур» для студентов, обучающихся по направлению 35.04.03 – Агрохимия и агропочвоведение (уровень магистратуры). В пособии описываются научно-обоснованные системы удобрений разных культур, приводится методика составления системы удобрений в условиях сельскохозяйственных предприятий, и дается справочный материал, необходимый для ее разработки. Рекомендуются при подготовке студентов и аспирантов соответствующего профиля в высших учебных заведениях и для специалистов агропромышленного комплекса.

© ФГБОУ ВО
Пензенский ГАУ, 2017
© Т.А. Власова
Н.П. Чекаев, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОСНОВЫ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	9
1.1 Общие положения.....	9
1.2 Приемы, сроки и способы внесения удобрения.....	13
2 АНАЛИЗ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ ХОЗЯЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	26
2.1 Анализ агрохимических показателей почвы севооборотного участка.....	26
2.2 Вынос элементов питания фактическими урожаями сельскохозяйственных культур.....	29
2.3 Источники покрытия выноса элементов питания культурами севооборота.....	30
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ.....	32
3.1 План накопления органических удобрений и мероприятия по улучшению их качества.....	32
3.2 Проект химической мелиорации почв.....	37
3.2.1 Установление необходимости известкования.....	38
3.2.2 Определение норм известки.....	39
3.2.3 Место известки в севообороте.....	41
3.2.4 Очередность известкования.....	42
3.2.5 Эффективность известкования.....	43
3.3 Определение потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях.....	44
3.4 Годовые и календарные планы применения удобрений...	50
3.5 Баланс питательных элементов.....	51
3.6 Баланс гумуса и потребность в органических удобрениях	54
3.7 Технология применения удобрений и расчет потребности машин для их применения.....	62
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	68
4.1 Экономическая эффективность применения удобрений...	68
4.2 Расчет энергетической эффективности применения удобрений.....	71
5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ.....	71

6 УДОБРЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР..	90
6.1 Озимые зерновые культуры.....	90
6.2 Удобрение яровых зерновых культур.....	104
6.2.1 Удобрение ранних яровых зерновых культур.....	104
6.2.2 Удобрение поздних яровых зерновых культур.....	111
6.3 Удобрения зернобобовых культур.....	116
6.4 Удобрение картофеля.....	120
6.5 Удобрение кукурузы.....	125
6.6 Удобрение овощных культур.....	136
6.7 Удобрение подсолнечника.....	144
6.8 Удобрение рапса.....	153
6.9 Удобрение сахарной свеклы.....	158
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ (ГЛОССАРИЙ).....	170
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	180
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.....	201
ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ РАБОТ.....	219
ЛИТЕРАТУРА.....	229

ВВЕДЕНИЕ

Под *системой удобрения* следует понимать комплекс научно обоснованных агротехнических и организационно-экономических мероприятий по размещению органических, минеральных удобрений, известковых и других материалов под сельскохозяйственные культуры с учетом их биологических особенностей, сортовой специфики, плодородия почвы, типа севооборота (агроренноза), предшественников, состава и свойств удобрений, климатических и погодных условий и других факторов.

Система удобрения является частью системы земледелия. Проектирование системы удобрения осуществляется по хозяйству в целом, по отдельным культурам, по каждому севообороту, лугам, пастбищам, садам и т. д.

Система удобрения в хозяйстве – это комплекс агрономических и организационно-экономических мероприятий по рациональному использованию минеральных, органических удобрений и химических мелиорантов (известки, гипса и др.) для оптимизации плодородия почвы, повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, улучшения качества продукции растениеводства и повышения производительности труда в растениеводстве. Это плановые объемы накопления и приобретения удобрений, обеспечение их хранения, учета, распределения по внутрихозяйственным объектам применения (севооборотам, кормовым угодьям, садам и т. д.), техническое обеспечение для погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки, внесения удобрений с учетом природоохранных мер, оценка агрономической и экономической эффективности агрохимических мероприятий. Количество она характеризуется средним объемом органических (т) и минеральных удобрений (кг д. в.) на 1 га сельскохозяйственных угодий. Система удобрения в хозяйстве подразумевает наличие научно обоснованной системы применения удобрений в севооборотах и других сельскохозяйственных угодьях (луга, пастбища, сады и др.).

Под системой удобрения в севообороте понимают распределение органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов по полям севооборота с учетом обеспечения максимального агрономического и экономического эффекта при непрерывном росте плодородия почв или сохранении его на имеющем-

ся высоком уровне. Система удобрения в севообороте является частью системы удобрения в хозяйстве, составляется на ротацию, лугов и пастбищ – на период их использования, садов – на период от первичного окультуривания почвы до конца хозяйственного использования сада – она разрабатывается с учетом средневзвешенных значений плодородия почв всех полей севооборота (угодий) и ежегодно уточняется в годовых планах применения удобрений с учетом размещения культур по полям и плодородия почв этих полей, а также погодных условий, фактической обеспеченности хозяйства удобрениями и других факторов. Количественно она характеризуется средним объемом органических (в тоннах) и минеральных (в кг д. в.) удобрений в расчете на 1 га севооборотной площади за ротацию севооборота или период использования угодий. Качественно – окупаемостью 1 кг д. в. минеральных и 1 т органических удобрений урожаем всех культур севооборота (угодя) в пересчете на кормовые (зерновые) единицы.

Система удобрения отдельных культур находится в тесной неразрывной связи с системой удобрения в севообороте. Она составляется ежегодно (годовые планы) с учетом биологических особенностей культур, сортов, почвенного плодородия конкретного поля, погодных и других условий. Количественно она характеризуется годовой дозой минеральных и органических удобрений на 1 га посева конкретной культуры, качественно – оплатой 1 кг NPK минеральных и 1 т органических удобрений прибавкой урожая (в кг).

Цель любой системы удобрения – обеспечить максимально возможную агрономическую и экономическую эффективность производства продукции растениеводства при условии экологической безопасности ее использования.

Задачи системы удобрения заключаются в следующем:

- повышение продуктивности сельскохозяйственных культур;
- улучшение качества получаемой продукции;
- повышение или сохранение на имеющемся высоком уровне плодородия почв;
- рост экономической эффективности применения удобрений, производительности труда и рентабельности производства продукции растениеводства и животноводства (через дешевые корма).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

– биологические и физиологические особенности роста и развития основных сельскохозяйственных культур и агроэкологические требования к условиям их произрастания;

– вынос (хозяйственный, биологический) элементов питания урожаем сельскохозяйственных культур, затраты элементов питания на создание единицы урожая;

– методы оценки и контроля эффективного и потенциального плодородия почв и условий минерального питания сельскохозяйственных культур;

– доступность элементов питания почвы и удобрений основным сельскохозяйственным растениям.

– основные принципы и приемы оптимизации минерального питания растений и агрохимических свойств почвы с помощью удобрений и химической мелиорации для увеличения производства растениеводческой продукции хорошего качества;

– основные методы определения доз удобрений, разработки систем удобрения, годовых и календарных планов применения минеральных удобрений и мелиорантов.

– основные принципы распределения удобрений в севообороте;

– способы хранения, подготовки удобрений и технологические приемы рационального их применения;

уметь:

– определять и корректировать дозы удобрений, сроки и способы их внесения в севооборотах на основе рекомендаций, выноса элементов питания растениями и баланса питательных веществ в агроценозах;

– проектировать системы, годовые и календарные планы применения удобрений и мелиорантов в агроценозах, составлять технологические схемы их внесения, контролировать реализацию системы удобрения в хозяйствах.

– использовать знания о химическом составе растений для определения выноса элементов питания в агроценозах, оценки качества растениеводческой продукции, расчета доз удобрений, определения баланса элементов питания в агроценозах;

владеть:

– терминами и понятиями системы удобрения при ее проектировании, оценке эффективного плодородия почвы и продуктивности посевов;

– необходимыми знаниями для правильного применения удобрений и мелиорантов в агроценозах, корректировать способы и сроки внесения минеральных и органических удобрений;

– навыками обоснования системы удобрения, годовых и календарных планов, технологий применения удобрений и средств химической мелиорации почв;

– приемами контроля качества выполнения работ по применению удобрений и мелиорантов.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– способности понимать сущность современных проблем агропочвоведения, агрохимии и экологии, современных технологий воспроизводства плодородия почв, научно-технологическую политику в области экологически безопасной сельскохозяйственной продукции (ОПК-3)

– готовности применять разнообразные методологические подходы к проектированию агротехнологий и моделированию агроэкосистем, оптимизации почвенных условий, систем применения удобрений для различных сельскохозяйственных культур (ПК-6).

1 ОСНОВЫ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

1.1 Общие положения

Общие основные положения научной системы применения удобрений следующие:

1. Наибольшая эффективность удобрений проявляется на фоне высокой культуры земледелия, роль агротехники особенно возрастает при использовании высоких доз удобрений. Высокими дозами удобрений нельзя компенсировать нарушения других звеньев научного земледелия;

2. В процессе роста и развития каждое культурное растение предъявляет свои, отличные от других растений, требования к наличию в почве оптимальных количеств и в требуемом соотношении питательных элементов в доступной форме. Это положение особенно важно в первые фазы развития, когда корневая система слаборазвита и очень чувствительна к недостатку питательных элементов, особенно фосфора, а многие растения в этот период, кроме того, чувствительны и к повышенной концентрации солей. Как недостаток, так и избыток питания в этот период отрицательно сказывается на росте, развитии растений и формировании урожая;

3. Растения предъявляют специфические требования не только к наличию в почве запасов питательных элементов, но и к концентрации почвенного раствора в разные периоды роста и развития. Это, а также особенности взаимодействия удобрений с почвой, способность многих из них к миграции по почвенному профилю, вызывает необходимость внесения удобрений в разные сроки и слои почвы: под вспашку или культивацию до посева (основное внесение), при посеве (в рядки) и во время вегетации (подкормки);

4. При распределении удобрений между севооборотами и культурами учитывают их особенности. Наиболее высокая окупаемость удобрений у овощных культур, поэтому в первую очередь удобрениями обеспечиваются овощные севообороты. Высокая потребность в удобрениях у полевых севооборотов, насыщенных пропашными и, особенно, техническими культурами (сахарная свекла, лен, хлопчатник и др.), а также у кормовых севооборотов, насыщенных кукурузой, кормовыми корнеплодами и

др. В распределении удобрений важную роль играет удельный вес экономически выгодной культуры;

5. Чаще всего при эквивалентных дозах по суммарному количеству биогенных элементов органические и минеральные удобрения равноценны.

Поэтому, а также потому, что органические удобрения лучше оплачиваются урожаями культур с более длительным развитием, их лучше вносить в севооборотах, насыщенных высокопродуктивными кормовыми культурами и находящимися вблизи животноводческих ферм. В полевых севооборотах, как правило, более удаленных от ферм, целесообразно использовать минеральные удобрения;

6. При планировании доз удобрений важно учитывать также последствие внесенных удобрений, особенно органических, проведение фосфоритования почв, осуществлять систематический контроль плодородия почв, баланса питательных веществ и гумуса в почве.

Как показывает многолетний опыт, системы удобрения не могут быть повсюду одинаковыми уже в силу разнообразия почвенно-климатических зон. Применение удобрений имеет зональную и внутризональную специфику, что связано не только с растениями и почвами, но также с климатом и погодными условиями, температурным режимом почвы, атмосферы и др.

В зависимости от используемых удобрений система удобрения может быть *органической*, *минеральной* или *органоминеральной*.

Органо-минеральная система удобрения, как наиболее перспективная во всех отношениях, является основой расширенного воспроизводства плодородия почв и позволяет оптимизировать баланс питательных элементов.

Органическая система удобрения весьма затратна, поэтому допустима на мелких землепользованиях (приусадебных и дачных участках). При этом следует иметь в виду, что применение только навоза не позволяет оптимизировать баланс питательных элементов, с ним невозможно восполнить в почве запасы азота и фосфора, так как эти элементы содержатся, в основном, в товарной продукции, которая полностью никогда не потребляется внутри хозяйства, а в значительной мере экспортируется. Нетоварная продукция (солома, ботва и т. п.), идущая на корм скоту и

в подстилку, как правило, богата калием, но мало содержит азота и фосфора. Поэтому органо-минеральная система удобрения имеет преимущество.

Минеральную систему удобрения целесообразно использовать ограниченный период времени и преимущественно на богатых органическим веществом почвах.

Рациональная система применения удобрений является основным фактором формирования величины и качества урожая сельскохозяйственных культур, повышения плодородия почв. Особое значение имеет реализация плана применения удобрений на практике в хозяйствах, работающих на высокий уровень урожайности. Получение высокого урожая зерновых культур возможно только при сбалансированном применении всех необходимых элементов питания в расчетных дозах и в наиболее ответственные стадии развития растений.

Основное место в плане использования удобрений занимает расчет их оптимальных доз. Для их определения используются разные методы. Наиболее распространенными являются балансовый и нормативный методы.

Эффективность применения минеральных удобрений во многом зависит от технических средств по их внесению. По данным научных исследований, неравномерность внесения азотных удобрений не должна превышать 10 %, фосфорных и калийных – 15–20 %.

Важную роль играют способы их внесения и заделки в почву. Оптимальные условия питания для растений создаются, если удобрения вносятся в наиболее влажный слой почвы – на глубину от 10 до 20 см на серых лесных почвах и от 10 до 30 см на черноземах, т. е. в зону размещения основной массы корневой системы. При мелкой заделке удобрения размещаются в поверхностных, пересыхающих слоях почвы и плохо используются растениями.

Особенно низкий эффект от такой заделки наблюдается в засушливые годы при недостаточном выпадении осадков. Заделка азотных, фосфорных и калийных удобрений равномерно по профилю пахотного горизонта (при вспашке минеральные удобрения заделываются на глубину до 30 см, при культивации – до 10 см) способствует лучшему усвоению элементов питания корневой системой растений, что и обеспечивает более высокий

урожаем возделываемых культур. При заделке минеральных удобрений под плуг в верхние слои почвы попадает порядка 23 % от внесенных удобрений, при заделке тяжелыми культиваторами – 76 %, что обеспечивает достаточным питанием растения в самые начальные периоды их роста и развития.

Растения потребляют элементы питания в определенных соотношениях.

Так, для зерновых культур соотношение между N : P₂O₅ : K₂O составляет примерно 1 : 0,5 : 0,9, для корнеклубнеплодов – 1 : 0,35 : 1,5, т. е. на единицу азота эти культуры потребляют калия в 1,5 раза больше, чем зерновые. Среднее место в этом отношении занимают травы, где отношение N : P₂O₅ : K₂O равно 1 : 0,35 : 1,2.

Отношение растений к условиям питания изменяется в соответствии с прохождением определенных стадий развития. В начальные периоды развития потребность в элементах питания более высокая, чем в последующие фазы. Изменения требований растений к условиям питания связаны с изменением энергии фотосинтеза, интенсивности дыхания, обмена веществ и т. д. Растения имеют периоды максимального потребления элементов питания, когда в определенные сроки поступает половина или больше всех минеральных элементов, которые используются ими на протяжении вегетационного периода. Для одних растений этот период характеризуется очень коротким сроком (яровые зерновые, лен), для других (пропашные) – более продолжительным. Этот период в жизни растений назван периодом максимальной эффективности.

Наряду с периодами максимального поступления элементов питания растения имеют также критические периоды их потребления. Под критическим периодом нужно понимать тот период времени, когда отсутствие элементов питания, их резкий недостаток или избыток действует отрицательно на рост и развитие растений. Критические периоды питания для большинства сельскохозяйственных культур приходятся на начальные фазы их роста, в то время как периоды наибольшего потребления элементов питания соответствуют более поздним фазам развития культур. Так, в период прорастания растения весьма чувствительны к недостатку фосфора, в начальный период образования вегетативной массы отмечается повышенная потребность в азоте и калии.

Неодинаковую потребность растений в элементах питания в течение периода вегетации следует учитывать при разработке системы удобрения сельскохозяйственных культур. Основное удобрение должно обеспечивать питание растений на всем протяжении вегетации, поэтому, как правило, все органические удобрения, а также большую часть минеральных вносят до сева. Для обеспечения растений фосфором в начальный период их роста целесообразно фосфорные удобрения вносить вместе с семенами (припосевное внесение). Потребность в азоте в период вегетации обеспечивают за счет подкормок азотными удобрениями.

В связи с различными способами внесения минеральных удобрений различают корневое и некорневое питание растений.

Поступление питательных веществ в растения осуществляется путем взаимодействия его корневой системы с почвенным раствором. В почвенном растворе должны быть все необходимые для жизни растений элементы питания: азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо и др.

Обычно в почвах при интенсивно протекающих биохимических процессах, обуславливающих сравнительно высокую степень растворимости почвенных соединений, почвенный раствор будет содержать достаточное количество питательных веществ, причем концентрация этих веществ тем выше, чем благоприятнее протекают биохимические процессы.

Растения усваивают питательные вещества не только из почвенного раствора, но и из твердой фазы почвы через корневые волоски.

Таким образом, оптимизация корневого питания растений в значительной мере определяется уровнем почвенного плодородия, а также способами и сроками внесения удобрений (поверхностное внесение с последующей заделкой под вспашку или культивацию, послойно – ленточное).

1.2 Приемы, сроки и способы внесения удобрения

По времени внесения и назначению приемы внесения удобрений делят на основное или допосевное (осенью или весной), при посеве (в рядки) и подкормки (послепосевное внесение).

Основное внесение (допосевное). Его назначение – обеспечение растения питанием на весь период развития, повышение

плодородия почвы за счет обогащения ее питательными элементами и органическим веществом, улучшения физико-химических и физических свойств, усиления биологической активности. До посева вносят навоз, а также 2/3–3/4 и более суммарной годовой дозы минеральных удобрений.

Допосевное, или основное, внесение удобрений предусматривает обеспечение растений элементами питания на длительное время и совпадает с периодом их интенсивного роста и максимального потребления. Как правило, основное удобрение вносят под глубокую зяблевую вспашку или под культивацию взброс. Этим способом вносят большую часть дозы удобрений, предусмотренной под сельскохозяйственную культуру. Основное удобрение должно находиться в зоне наибольшего распространения корневой системы.

Основное удобрение можно внести взброс (на один год или в запас на два-три года), а также локально. На рисунке 1 приведена классификация способов внесения удобрений.



Рисунок 1 – Классификация способов внесения удобрений

Внесение вразброс предусматривает разбрасывание удобрений по поверхности почвы с последующей их заделкой. Это наиболее распространенный, но не самый экономичный способ.

Удобрения до посева могут быть внесены осенью и весной в зависимости от режима увлажнения почв:

- в районе лесостепи Среднего Поволжья с умеренным увлажнением с периодически промывным типом водного режима на суглинистых почвах все удобрения, включая азотные нитратные, можно вносить осенью;

- в районах избыточного увлажнения с промывным типом водного режима азотные удобрения не рекомендуется вносить осенью, особенно содержащие нитратную форму;

- опыты кафедры почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ» с азотом показали, что потери $N-NO_3$ происходят только во влажные годы с количеством осадков более 600 мм в год. Вместе с тем, учитывая высокую стоимость азотных удобрений, срок их применения следует переносить на весенний период;

- на легких почвах все удобрения следует вносить весной под предпосевную обработку почвы.

Для внесения минеральных удобрений используют разбрасыватели с устройством центробежного типа.

Органические удобрения вносят навозоразбрасывателями.

Органические и фосфорно-калийные удобрения, как правило, вносят осенью под основную обработку почвы.

Азотные удобрения чаще всего до посева весной. Это заметно снижает размеры вымывания и миграции из корнеобитаемого слоя нитратного азота удобрений и нитратов, образующихся при нитрификации других форм азота.

На светло-серых лесных почвах легкого гранулометрического состава, обладающих малой емкостью поглощения, вместе с азотными удобрениями целесообразно вносить калийные, а при выращивании пропашных культур часть калийных удобрений можно использовать в подкормку при междурядной обработке почвы.

Недостатком разбросного применения удобрений является их сильное перемещение с почвой после заделки, способствующее переходу части элементов питания в недоступное для растений состояние, что, в первую очередь, относится к фосфору. При разбросном внесении удобрений из-за несовершенства техники

наблюдается неравномерность распределения их на площади, которая по агротехническим требованиям при использовании разбрасывателей не должно превышать $\pm 25\%$ (таблица 1).

Таблица 1 – Агротехнические требования к внесению удобрений

Показатель		Значение
Диаметр комочков удобрений, мм		Не более 5
Разрушение гранул, %		Не более 5
Отклонение фактической дозы от заданной, %		± 10
Равномерность распределения по площади, %	при внесении туковыми сеялками	± 15
	при внесении разбрасывателями	± 25
Перекрытие смежных проходов агрегата, % от ширины захвата агрегата		6
Время между внесением и заделкой удобрений, час		Не более 12

В производственных условиях неравномерность внесения нередко достигает 60–80 %, то есть, превышает допустимую в 2–3 раза, что приводит к снижению эффективности азотных удобрений на 45–50 %, фосфорных – на 15–20, калийных – на 36–40 %.

Заделка удобрений может осуществляется под плуг (особенно при удобрении корнеплодов, картофеля и других культур), а также под культивацию (преимущественно растворимых в воде удобрений, чаще азотных) или с использованием других приспособлений, например, тяжелых дисковых борон, дискаторов. От выбора способа заделки удобрений зависит размещение удобрений в почве.

Локальное внесение основной дозы удобрений является одним из наиболее рациональных способов.

Теоретической основой локального внесения удобрений является теория питания растений и взаимодействие удобрений с почвой.

Локальный способ обеспечивает размещение удобрений в виде узких или широких лент, очагов или широкого экрана во влагообеспеченном слое почвы строго ориентированно относительно корневой системы растений или поверхности почвы. В результате в небольшом объеме почвы формируется очень высокое содержание питательных элементов. Удобрения в меньшей мере, чем при разбросном способе внесения, контактируют с почвой, что обеспечивает более полное использование питательных ве-

ществ растениями, снижает степень закрепления их почвой и величину потерь и, следовательно, способствует повышению урожайности.

У растений раньше появляются и быстрее развиваются вторичные корни, что очень важно в засушливые годы, так как это усиливает рост боковых побегов. Усиление ветвления корневой системы при локализации удобрений способствует более глубокому проникновению корней в почву.

Как правило, коэффициент использования питательных элементов растениями из удобрений, внесенных локально, выше, чем вразброс, а фиксация фосфора почвой – ниже. Локальный способ внесения удобрений экономичный. Он позволяет при уменьшении доз удобрений на 20–30 % получать такие же урожаи, как от полных доз, внесенных вразброс. При одинаковых дозах удобрений локализация позволяет дополнительно получить 0,2–0,5 т/га зерновых колосовых, 2–5 – картофеля и корнеплодов, 2–4 кормовых и силосных культур, 0,2–0,3 т/га – семян подсолнечника, сои. При локальном внесении удобрений лучше решаются и природоохранные вопросы.

Локально можно внести основное удобрение, припосевное и подкормку.

При локальном внесении основной дозы удобрения размещаются на определенной глубине (от 8–10 до 12–15 см) ниже семян, в зоне развития корневой системы. Это гарантирует их более продолжительную позиционную доступность растениям.

При размещении в одном слое с семенами удобрения доступны только в первое время после всходов, затем корневая система уходит за пределы размещения удобрений, из них после этого используется только та часть, которая передвигается вместе с почвенной влагой или в результате диффузии в глубь почвы. Это приводит к снижению коэффициента использования питательных элементов.

Локальное внесение основной дозы удобрений можно осуществить до посева, совмещая с паровой или предпосевной обработкой почвы, и при посеве. В настоящее время существуют технические возможности одновременного выполнения трех операций: посева семян, внесения основного и припосевного (в рядки) удобрения (рисунок 2).

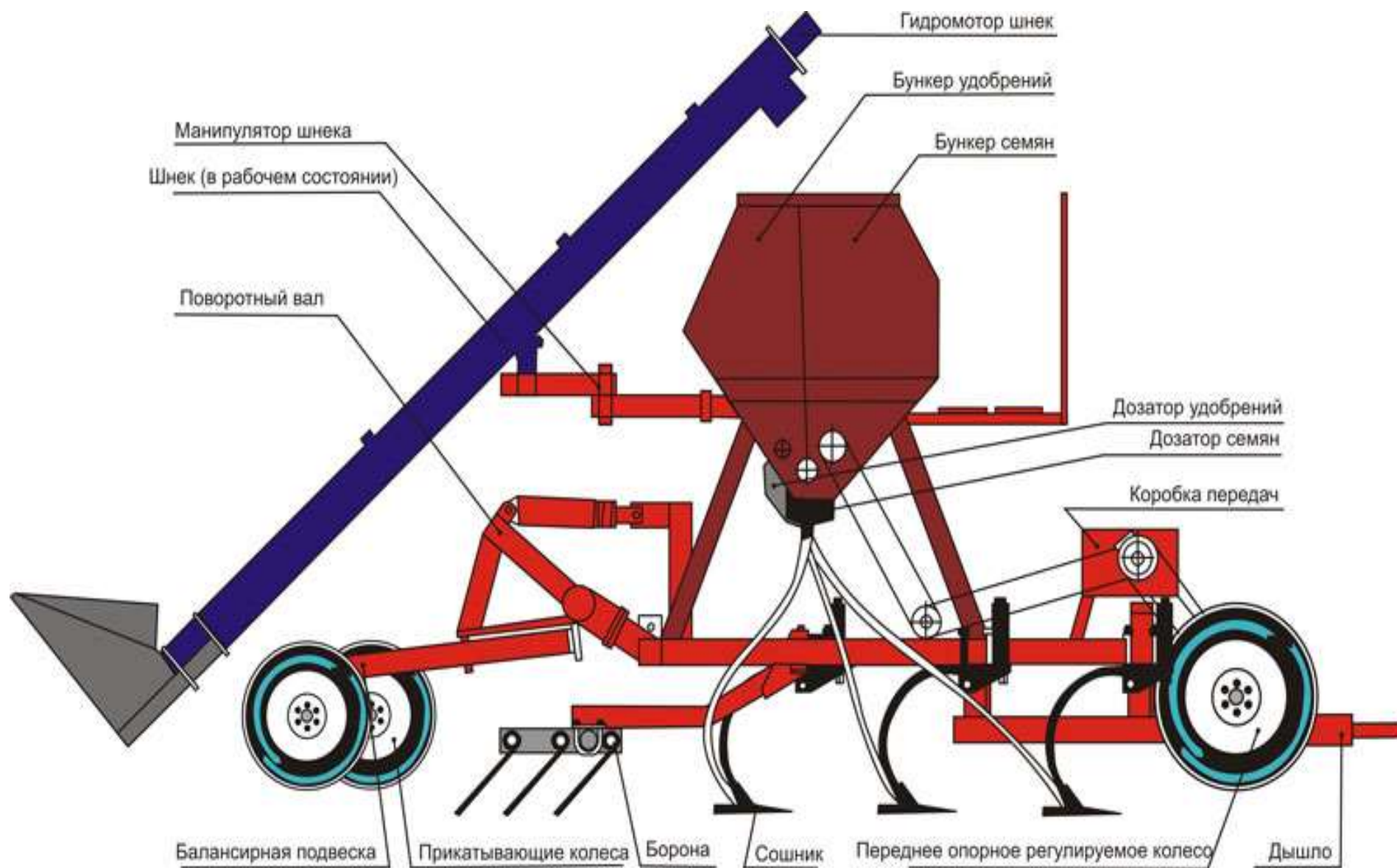
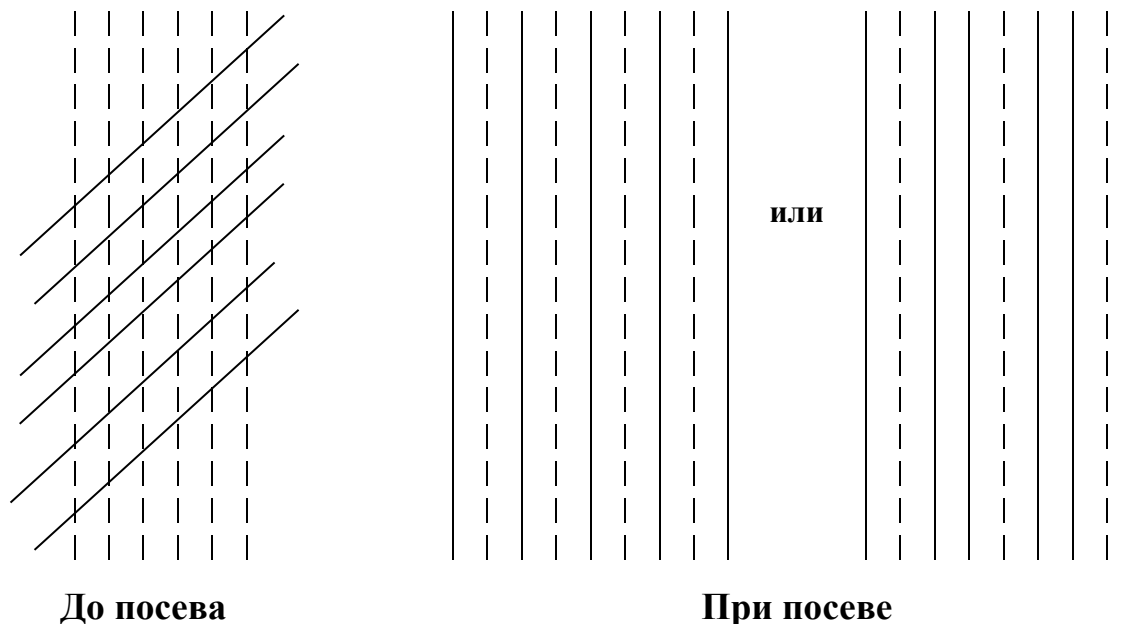


Рисунок 2 – Схематическое строение посевного комплекса

При допосевном локальном внесении удобрений посев проводят под углом к направлению высева семян, а при посевном – удобрения размещаются в каждом междурядье или через одно, а также сбоку или ниже семян (рисунок 3).



Растения – _____
 Удобрения – - - - -

Рисунок 3 – Схема расположения удобрений и растений при локальном внесении удобрений до посева и при посеве

Размещая удобрения на том или ином расстоянии от корневой системы, можно приблизить или отдалить сроки начала использования их растениями, что оказывает глубокое влияние на метаболизм питательных элементов. Этим объясняется изменение эффективности удобрений в зависимости от глубины заделки удобрений. Недопустимо не только чрезмерное удаление лент удобрений от семян, но и размещение их с большими интервалами, так как это приводит к снижению доступности питательных элементов, особенно фосфора, в начальные периоды роста и развития растений.

Эффективность локального внесения удобрений зависит от глубины заделки удобрений, ширины ленты, ориентации лент относительно рядков растений, интервала между лентами.

Увеличение интервалов между лентами при высоких дозах удобрения может неблагоприятно сказаться на растениях из-за повышения концентрации солей в почвенном растворе, окружающем ленту удобрения. Это может сопровождаться двумя нежелательными явлениями: угнетением растений, расположенных над лентой (если доза удобрений высокая), и позиционной недоступностью удобрений растениям, расположенным в середине интервала. Таким образом, удаление очага удобрений от растений (семян) как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении одинаково отрицательно воздействует на растения.

Под сахарную свеклу, кукурузу и кормовые корнеплоды удобрения следует располагать на глубине 10–15 см. Под картофель при высоких дозах оптимальным является размещение удобрений двумя лентами шириной 2–4 см по обе стороны и глубже клубней на 2–5 см или одной лентой шириной 5–10 см ниже рядка клубней на 2–5 см.

Параметры ленточного внесения удобрений под зерновые и картофель приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры ленточного внесения минеральных удобрений (Самсонова, 2006)

Культуры	До посева			При посеве (посадке)		
	глубина размещения ленты, см	ширина ленты, см	интервал между центрами лент, см	глубина размещения ленты, см	ширина ленты, см	интервал между центрами лент, см
Зерновые колосовые	7–10	2–6	15–17	7–10	2–6	30 (через междурядье)
Картофель	на 2–5 см ниже клубней	5	25–30	на 2–5 см ниже клубней	5–10	лента под рядком клубней

Ленты удобрений не должны контактировать с семенами из-за высокой концентрации солей в зоне их внесения и опасности повреждения прорастающих семян. При внесении основной дозы

удобрений при посеве удобрения должны находиться на 3–5 см ниже семян и на 2–4 см в стороне от них.

Ленточное внесение удобрений одновременно с посевом (посадкой) является предпочтительным, так как обеспечивает фиксированное размещение удобрений относительно посевных или посадочных рядков и равномерное их распределение на площади питания отдельных растений.

Установлено, что в засушливые годы наиболее сильно действие минерализации удобрений проявляется на суглинистых и глинистых почвах, слабо на супесчаных и еще слабее – на песчаных почвах.

Локализация удобрений требует более точного их дозирования, включающего превышение оптимальной дозы, и соблюдения технологии внесения. Неравномерность распределения удобрений не должна превышать $\pm 10\%$. Нарушение технологии локального внесения удобрений снижает урожайность более существенно, чем при разбросном внесении.

Величина биологически оптимальных доз удобрений при ленточном внесении на 10–30 % ниже, чем при разбросном, а обеспечиваемые ими максимальные урожаи – значительно выше.

Для локального внесения непригодны нерастворимые в воде удобрения (фосфоритная мука, преципитат, обесфторенный фосфат, фосфатшлаки). Комплексные удобрения имеют преимущество перед тукосмесями из-за более закономерного распределения питательных элементов в почве.

По данным кафедры почвоведения и агрохимии Пензенского СХИ (в настоящее время ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ), локальное ленточное внесение суперфосфата с осени под зябь в 2,6 раза эффективнее разбросного (Паламожных, 1969).

Припосевное удобрение (в рядки при посеве) рассчитано главным образом на обеспечение растений питательными веществами в первоначальный период их развития. При этом создаются благоприятные условия для питания молодых растений, которые быстрее развиваются, легче переносят временный недостаток влаги.

Припосевное (*рядковое*) внесение стартовой дозы удобрений – это всегда локальное внесение. Назначение припосевного

удобрения – усилить минеральное питание молодых растений, что важно для последующего их развития, и за короткий промежуток времени обеспечить формирование хорошо развитой корневой системы. Наиболее важным в этот период является фосфор (таблица 3). Недостаток его в начальные фазы развития растений невозможно восполнить проведением подкормок в силу того, что закладка репродуктивных органов идет именно в ранние фазы развития, а также из-за специфики поведения фосфорных удобрений в почве (отсутствия горизонтальной и вертикальной миграции). Благодаря рядковому удобрению растения быстрее развиваются и легче переносят временную засуху, меньше повреждаются вредителями и поражаются болезнями, лучше подавляют сорную растительность.

*Таблица 3 – Питание фосфором урожая ячменя, г/сосуд
(Самсонова, 2006)*

Дни от посева		Солома	Зерно
Фосфор все время		26,1	6,4
Без фосфора	Первые 15 дней	4,5	0,0
	от 15 до 30 дней	25,4	6,7
	от 30 до 45 дней	28,0	5,7
	от 45 до 60 дней	26,6	6,6

Значительно меньшее значение в рядковом удобрении принадлежит азоту, а калий часто не дает эффекта (кроме калиелюбивых культур) и даже может несколько снизить урожай, особенно мелкосемянных культур.

Дозы удобрений – небольшие и в зависимости от культуры колеблются от 5 до 30 кг/га. Под зерновые, лен рекомендуется вносить 10–15 кг/га фосфора, под картофель и корнеплоды – 20–30 кг/га азота, фосфора и калия; под кукурузу, культуру чувствительную к повышенной концентрации солей – 5–10 кг/га фосфора, а азот и калий – не вносят. Доза азота при рядковом внесении не должна быть выше, чем фосфора.

Невысокие дозы удобрений обусловлены тем что, во-первых, они размещаются в верхнем, пересыхающем слое почвы, во-вторых, питание ими идет непродолжительно, так как корни растений быстро покидают зону их размещения и, в-третьих, высокие

концентрации солей в почве вредны для чувствительных к ним прорастающих семян. Последнее обстоятельство объясняет наилучший эффект от рядкового удобрения, когда между ним и семенами находится прослойка почвы. Это особенно важно, если в состав рядкового удобрения вместе с фосфором входят азот и калий.

Для внесения в рядки при посеве используют растворимые в воде формы удобрений, содержащие, прежде всего, фосфор: гранулированный простой и двойной суперфосфаты и комплексные удобрения (аммофос, аммофосфат, нитрофос, нитроаммофос). И не применяют смеси из однокомпонентных удобрений.

Послепосевное внесение удобрений характеризуется тем, что их вносят после появления всходов растений. Внесение удобрений по вегетирующим растениям называют подкормкой.

Подкормки бывают корневыми (поверхностными и внутрипочвенными) и некорневыми. Для корневых подкормок следует использовать легкорастворимые, прежде всего, азотные удобрения, а также богатые азотом органические (навозную жижу, птичий помет). Фосфорно-калийные удобрения чаще всего малоэффективны из-за мелкой заделки. Их следует вносить только на слабообеспеченных подвижными формами фосфора и калия почвах, а также при недостаточном внесении этих удобрений до посева культур.

Ранневесенняя подкормка – обязательный агротехнический прием при выращивании озимых зерновых культур. Эта подкормка усиливает рост, кущение и закладку репродуктивных органов озимых, что обеспечивает получение высокого урожая и создает условия для формирования высококачественного зерна.

Подкормка может осуществляться твердыми формами (в этом случае поглощение элементов питания происходит через корневую систему) – поверхностное внесение туковыми сеялками, культиваторами растениепитателями, сельскохозяйственной авиацией или жидкими формами удобрений.

Некорневая подкормка растений азотными удобрениями и микроудобрениями осуществляется путем опрыскивания. Для некорневых подкормок применяются водный раствор карбамида в концентрации 10–15 % и КАС – водный раствор карбамида и ам-

миачной селитры, а также комплексные удобрения, содержащие как макро-, так и микроудобрения.

Подкормка – прием, дополняющий основное удобрение. Целью подкормки является усиление питания растений в периоды интенсивного роста, повышение урожайности и улучшение качества продуктивности.

Эффективность подкормок в сильной степени зависит от влажности почвы в течение вегетации. В проведении подкормок должен быть дифференцированный подход в зависимости от особенностей почвенно-климатической зоны и биологии культур.

Хорошие результаты дают некорневые подкормки озимых и яровых зерновых культур растворами азотных удобрений (КАС, мочевины) с целью повышения содержания белка в зерне. Эта подкормка проводится в период колошения – цветения с использованием авиации или наземных опрыскивателей по технологической колее (не занятые культурой полосы для прохода техники). Некорневая подкормка повышает эффективность удобрений, внесенных в почву.

Дозы удобрений для внесения в подкормку определяют по результатам почвенной и растительной диагностики.

Подкормки озимых можно проводить рано весной при возобновлении вегетации (продолжение фазы кущения), в начале фазы выхода в трубку и потом в период колошения – цветения. Кукурузу подкармливают при первой междурядной обработке, сахарную свеклу – после прорывки, картофель – через две недели после появления всходов, лен – в фазу «елочки».

Во всех случаях подкормка – вынужденный прием, и она оправдывает себя при следующих обстоятельствах:

- если до посева удобрения не применяли или их было внесено недостаточно;
- при подкормке озимых зерновых для улучшения их роста и повышения урожайности, особенно после неблагоприятной перезимовки, а также летом для повышения качества зерна;
- в условиях орошения при частых поливах, длительном периоде вегетации культур;
- при высоких дозах минеральных удобрений, когда разовое их внесение может сильно повысить концентрацию почвенного

раствора и тем самым отрицательно отразиться на развитии растений;

- на почвах легкого гранулометрического состава в зонах достаточного и избыточного увлажнения;

- при подкормке для многолетних трав в полевых севооборотах, когда всю дозу фосфорно-калийных удобрений не удалось внести под покровную культуру;

- при внесении под плодово-ягодные культуры и травы на долголетних культурных пастбищах.

В зависимости от биологических особенностей культур, общей дозы удобрений и других условий, возможны различные комбинации приемов внесения удобрений. При высоких дозах удобрений целесообразно сочетание всех трех приемов их внесения: допосевного, припосевного (в рядки) и подкормки. При этом удобрения размещаются в разных слоях почвы, что создает хорошие условия для питания растений в течение всего вегетационного периода.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под системой удобрения?
2. Каковы различия между системой удобрения в хозяйстве, севообороте, отдельной культурой?
3. Что понимают под минеральной, органической и органо-минеральными системами удобрения?
4. Перечислите основные положения научной системы применения удобрений.
5. Как по времени внесения и назначению можно классифицировать приемы использования удобрений?
6. В чем состоит назначение локального внесения удобрения?
7. В чем различия прикорневой и некорневой подкормок?
8. Какие удобрения чаще всего используют при проведении некорневой подкормки?
9. На чем основывается необходимость проведения некорневой подкормки?
10. Цель проведения ранневесенней подкормки озимых культур.

2 АНАЛИЗ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ ХОЗЯЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ

2.1 Анализ агрохимических показателей почвы севооборотного участка

Прежде чем приступить к разработке системы удобрения, необходимо дать агрохимическую характеристику почв хозяйства или севооборотов, для которых составляется система удобрения. Вначале отражается тип почвы, ее подтип и гранулометрический состав. Дается анализ агрохимических показателей почвы каждого поля севооборота, увязывая их с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур. В анализе отражают требования культур к плодородию почв в целом, указываются оптимальные и фактические параметры обеспеченности почв доступными формами элементов питания, а также кислотности почвы.

Студент должен проанализировать агрохимические показатели почвы: реакцию среды, содержание доступных форм элементов питания (подвижный фосфор и обменный калий) и связать их с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур, возделываемых в севообороте. Сравнить фактические параметры обеспеченности почв этими элементами и показатели кислотности с оптимальными.

Показатели обеспеченности почв элементами питания приведены в приложении 1.

При анализе учитывается усредненный или средневзвешенный уровень плодородия севооборотной пашни, несмотря на различия в плодородии почв отдельных полей севооборота, так как система удобрения в севообороте составляется, как минимум, на ротацию.

На основании средневзвешенных показателей агрохимического состояния почв дается заключение о обеспеченности почв элементами питания и предлагаются меры по повышению их плодородия.

Средневзвешенные показатели по севообороту рассчитываются при различных размерах полей. Для этого находят сумму произведений площади каждого поля на соответствующий агрохимический показатель с последующим делением на общую

площадь севооборота. Например, свекловичный севооборот имеет следующие показатели:

	$pH_{\text{сол}}$	площадь, га
чистый пар	4,3	$\times 200,0 = 860,0$
озимая пшеница	6,1	$\times 195,0 = 1189,5$
сахарная свекла	5,9	$\times 210,0 = 1239,0$
ячмень	5,8	$\times 180,0 = 1044$
	$\Sigma 785,0$	$\Sigma 4332,5 : 785 = 5,52$

Таким образом средневзвешенный показатель $pH_{\text{сол}}$ по севообороту составляет 5,52.

Если поля севооборота равновеликие, то показатели определяют как сумму показателей каждого поля на количество полей в севообороте.

В хозяйствах обычно нет постоянного учета урожайности на отдельных полях, примерная возможная урожайность может быть установлена по элементу питания, находящемуся в почве в минимуме и поэтому, ограничивающему ее величину.

Располагая данными об обеспеченности почвы подвижными формами элементов питания (таблица 1), рассчитывают возможную урожайность культур севооборота за счет плодородия почвы без применения удобрений (приложения 7, 8) в таблице 2 и делают выводы об уровне продуктивности полей севооборота.

Для обобщенных расчетов при определении запаса питательных элементов в почве (в кг/га) массу пахотного слоя 1 га принимают равной 3000 т; для более точных расчетов для суглинистых почв – 2600 т, а супесчаных – 2800 т.

Соответственно считают, что 1 мг питательного элемента в 1 кг почвы соответствует 3,0, 2,6 и 2,8 кг на 1 га.

Пример расчета

Почва чернозем выщелоченный содержит 40 мг/кг почвы подвижного фосфора, 70,0 мг/кг – обменного калия, $pH_{\text{сол}}$ – 5,5. Определить возможный урожай ячменя без применения удобрений.

Решение.

1. Запас фосфора в пахотном слое – 210 кг/га (70×3), калия – 300 кг/га (100×3).

2. Коэффициент использования (КИ) фосфора из почвы ячменем – 10 %, калия – 12 % (приложения 6, 7 и 8).

3. Ячменем из почвы усвоится: фосфора – 21 кг/га ($210 \times 10 : 100$), калия – 36 кг/га ($300 \times 12 : 100$).

4. 1 т зерна ячменя с соответствующим количеством соломы выносит 13 кг фосфора и 25 кг калия (приложение 6).

5. Следовательно, урожайность ячменя, соответствующая запасу фосфора в почве – 1,6 т/га (21:13), калия – 1,4 т/га (36 : 2,5).

Из расчетов видно, что в данном случае урожайность ячменя ограничивает калий, поэтому наиболее вероятна урожайность 1,4 т/га. Продуктивность поля невысокая. Если планируется ее повысить, то необходимо внести соответствующее количество удобрений.

Средняя урожайность на черноземе выщелоченном среднесуглинистом, без внесения удобрений, по данным полевых опытов, колеблется в следующих пределах (т/га): озимая пшеница – 1,4–1,8, озимая рожь – 1,2–1,4, ячмень и овес – 1,1–1,7, картофель – 11–14, лен долгунец (соломка) – 2,1–2,7. В производственных условиях урожайность зерновых ниже примерно на 25 %, а пропашных – на 30–40 %.

Запасы доступного фосфора и обменного калия определяются умножением содержания элемента на коэффициент 3,0 – для черноземных и 2,5 – для серых лесных почв; запасы гумуса – на коэффициенты 30 и 25 соответственно.

Если есть данные по плотности почвы и мощности пахотного слоя, то запасы элементов питания или гумуса рассчитываются по формуле

$$Z = CHd_v,$$

где Z – запасы гумуса (элемента питания), т/га, кг/га, H – мощность слоя почвы (горизонта), см; d_v – плотность почвы, г/см³; C – содержание гумуса, %.

Запасы минерального азота рассчитываются по запасу его в гумусе, исходя из того, что содержание азота общего в нем составляет 5 %, на долю минерального приходится 1,5 % от общего.

Пример. Запас гумуса в пахотном слое составляет 75 т/га. Содержание общего азота в нем 5 %, или $(75 \cdot 5) : 100 = 3,75$ т (3750 кг). Из этого количества доля минерального азота составляет 1,5 %, или $(3,75 \cdot 1,5) : 100 = 0,56$ т (56 кг).

Все данные по агрохимическим показателям берутся из задания, запасы элементов питания и гумуса рассчитываются и вносятся в таблицу 1.

Дается заключение о степени обеспеченности той или иной культуры питательными веществами.

Затем, дается анализ применения удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры. Для этого сначала рассчитывается вынос элементов питания различными культурами севооборота, который сравнивается с уровнем применения удобрений.

2.2 Вынос элементов питания фактическими урожаями сельскохозяйственных культур

Вынос азота, фосфора и калия определяется умножением сложившейся урожайности культур на вынос этих элементов с 1 центнером продукции с учетом побочной (приложение 6). Приведем пример расчета выноса элементов питания культурами свекловичного севооборота:

Вынос элементов с 1 гектара севооборотной пашни в целом определяется способом средневзвешенных показателей, т. е. нахождением суммы произведений каждого поля на соответствующий вынос элемента питания с последующим делением на общую площадь. При расчетах соотношения N:P:K за единицу принимается вынос азота с 1 гектара, затем находится отношение величины выноса фосфора с 1 гектара к выносу азота (20,6:57,0), а также калия (57,7:57,0).

В анализе сравнивается вынос основных элементов питания с используемыми удобрениями. При этом отмечается как соответствие величины выноса, так и соотношение N:P:K. Делается выбор основных культур, которые определяют специализацию севооборота, оцениваются их предшественники с точки зрения влияния на плодородие почв.

Анализируется урожайность культур, которая увязывается с применением удобрений и метеорологическими условиями. Для этого необходимо привести годовые данные по осадкам (мм), и температуре (°C) в виде таблиц или графиков.

Если поля равновелики, показатели выноса того или иного элемента по полям севооборота складываются, и сумма делится на число полей.

Если поля разновелики, то вынос на 1 га СП рассчитывается как сумма произведений выноса элемента урожаем каждой культуры на ее площадь. Затем эта сумма делится на площадь севооборота.

Данные по выносу элементов питания представляются в таблице 4.

Пример 1. Урожайность гороха 2 т/га. Вынос азота 65 кг/т, но горох 1/2 азота берет из воздуха, тогда вынос урожая составит $[(65 \cdot 2) \cdot 1] : 2 = 65$ кг/га.

Пример 2. Урожайность озимой пшеницы 3 т, вынос азота 1 т урожая 32 кг, на создание 3 т требовалось $(3 \cdot 32) = 96$ кг/га азота.

2.3 Источники покрытия выноса элементов питания культурами севооборота

Студент должен проанализировать, за счет каких источников создавался фактический урожай. Данные анализа представляются в таблице 5.

Использование питательных веществ определяется:

1. Из почвы – путем умножения запаса элемента, (кг/га, таблица 1) на коэффициент использования (Приложения 8, 9);

2. Из удобрения – умножением количества внесенных удобрений (кг/га д. в.) из задания на коэффициент использования каждого элемента (Приложения 10, 11, 12).

Пример. Запас фосфора в почве 300 кг (таблица 1). Коэффициент использования растениями из черноземной почвы – 0,1 (Приложение 10). Следовательно, культура будет использовать до 30 кг – $(300 \cdot 0,1)$.

Хозяйство применяло под культуру 60 кг/га P_2O_5 в виде суперфосфата.

Коэффициент использования фосфора из минеральных удобрений 0,2 (Приложение 10). Таким образом, растение на со-

здание урожая потратило 12 кг P_2O_5 удобрения – $(60 \cdot 0,2) = 12$ кг. Всего потребление элемента на урожай составило $(30 + 12) = 42$ кг/га.

По результатам анализа работы хозяйства студент должен дать заключение, где обязательно должны быть отмечены меры по улучшению использования удобрений.

Контрольные вопросы

1. Что такое потенциальные и эффективные запасы элементов питания, зачем они нужны?
2. Что такое гранулометрический состав почв?
3. Какова роль различных видов кислотности в питании растений?
4. Как и какие виды поглощения почвы влияют на азотное питание растений?
5. Как классифицируются почвы по обеспеченности питательными элементами и зачем это нужно?
6. Каким из агрохимических показателей почвы относительно легко регулируются удобрениями и мелиорантами?
7. Какие агрохимические показатели характерны для кислых почв?
8. Какие агрохимические показатели наиболее полно отражают состояние плодородия черноземных почв лесостепи Среднего Поволжья?
9. Что такое почвенная диагностика питания растений и для чего она нужна?
10. Когда и как нужно регулировать состав поглощенных катионов почвенного поглощающего комплекса?

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

Проектирование системы удобрения в севооборотах осуществляется в нижеследующей последовательности.

1. Разработка плана накопления органических удобрений в хозяйстве и определение мероприятий по улучшению их качества.

2. Составление плана известкования кислых почв и мелиорации солонцеватых и солонцовых почв.

3. Составление плана применения удобрений, который должен предусматривать: а) определение доз удобрений под культуры севооборота; б) выявление наиболее рациональных способов, приемов и срока внесения удобрений под культуры севооборота; в) определение оптимальных форм и видов минеральных удобрений с учетом биологических особенностей культур и свойств почвы; г) определение общей потребности в удобрениях.

4. Составление баланса гумуса в севообороте и определение потребности в органических удобрениях на бездефицитный его баланс.

5. Составление баланса питательных веществ по данным их выноса, поступления из почвы, с удобрениями и биологической фиксацией азота.

6. Определение потребности в сельскохозяйственной технике для использования удобрений.

7. Определение агротехнической, эколого-экономической эффективности разрабатываемой системы удобрения.

8. Разработка мероприятий по предотвращению загрязнения окружающей среды средствами химизации и техники безопасности при работе с удобрениями.

3.1 План накопления органических удобрений и мероприятия по улучшению их качества

Из органических удобрений в сельском хозяйстве используются навоз, навозная жижа, солома, торф, птичий помет, зеленое удобрение, сапропель и другие виды. Наибольшее распространение имеют навоз, солома, торф, зеленое удобрение и компосты.

Накопление навоза в хозяйстве зависит от вида и количества скота, продолжительности стойлового периода, вида и количества подстилки и используемых кормов. Выход навоза можно определить несколькими способами.

Первый способ (предложен Буссенго). По этому способу количество навоза (H) рассчитывается умножением количества израсходованного корма (K) и подстилки ($П$) на 2:

$$H = (K + П) \cdot 2; \text{ (ед. измерения в тоннах)}$$

Второй способ (предложен Вольфом). Данный способ также основан на учете поедаемого корма и применяемой подстилки. При этом принимается, что только половина сухого вещества корма переваривается животными. В связи с тем, что в свежем навозе содержится только $1/4$ часть сухого вещества и $3/4$ воды, то общее количество навоза (H) в 4 раза больше половины сухого вещества корма $\frac{K}{2}$, следовательно, с сухой подстилкой ($П$) выход составит

$$H = \left(\frac{K}{2} + П\right) \times 4; \text{ (ед. измерения в тоннах)}$$

Третий способ. Количество навоза (H) по этому способу определяется умножением массы всего поголовья (m) на 25.

$$H = m \cdot 25; \text{ (ед. измерения в тоннах)}$$

При отсутствии данных по количеству скармливаемого корма и использованной подстилки выход навоза определяется по специальным таблицам, составленным с учетом выхода навоза и нормативного количества подстилки на одну голову скота. При этом количество навоза, накапливаемого от одного животного за стойловый период пересчитывается на все поголовье. Например, поголовье КРС в хозяйстве составляет 700 голов. Выход навоза от одной головы за стойловый период 200–180 дней составляет 8 тонн (приложение 2). Следовательно, общий выход навоза составит: 700 (голов) \cdot 8 (тонн) = 5600 тонн. Данное количество навоза закладывается в бурт, и выбирается тот или иной способ хранения.

При приготовлении подстилочного навоза для внесения используются различные способы хранения, но все они предполагают наличие трех взаимосвязанных параметров: а) аэрация; б) влажность; в) температура. Интенсивность этих процессов и предопределяет необходимый выбор способов хранения. Наиболее интенсивно навоз разлагается при доступе кислорода воздуха, влажности 55–75 % и температуре свыше 60 °С.

Плотный способ хранения предусматривает немедленное уплотнение в штабеле каждого слоя навоза, что обеспечивает насыщение бурта парами воды и углекислым газом, температуру в пределах 30–35°. В этих условиях потери органического вещества за 4 месяца достигают 12 %, азота – около 10 %. К недостаткам данного способа следует отнести полную выживаемость семян сорняков и вредных микроорганизмов.

Рыхлый способ предусматривает хранение навоза без уплотнения. При этом разложение происходит при высокой температуре – 60–70 °С и сопровождается большими потерями органического вещества и азота, которые за 4 месяца хранения достигают 32 %, а при увеличении сроков хранения до 6 месяцев – 40–50 %. Данным способом рекомендуется хранить навоз на торфяной подстилке и по рекомендациям ветеринарной службы.

Наиболее предпочтительным является рыхло-плотный способ хранения. При этом способе первый слой штабеля навоза (80–100 см) укладывается рыхло и через 3–4 дня, когда температура повысится до 60 °С, слой уплотняется. Затем на этот слой накладывается новый, который после разогрева вновь уплотняется. Потери органического вещества и азота – средние между рыхлым и плотным хранением и достигают за четыре месяца 25 и 21 % соответственно.

В соответствии с нашим примером, где выход навоза КРС составляет 5600 тонн, при рыхло-плотном хранении за 4 месяца теряется 25 %, или 1400 тонн. Полученный полуперепревший навоз КРС при стандартном его качестве содержит 75 % воды, 0,5 % азота, 0,25 % фосфора и 0,6 % калия. Эти данные рекомендуется представить в виде табличного материала.

После определения общего количества накапливаемого навоза с учетом потерь при его хранении составляется план рас-

пределения органических удобрений между севооборотами и определяются поля для его внесения в севооборотах.

Для определения выхода навоза в хозяйстве разработано несколько методов расчета.

Можно примерно определить количество его путем умножения поголовья скота на выход навоза от одной головы за стойловый период (Приложение 12). В условиях Пензенской области длительность стойлового периода 200–220 дней.

Пример. В хозяйстве имеется 3000 голов коров и 5000 голов свиней. Количество навоза от одной головы скота 9 и 2 т, соответственно. Общий выход навоза составит $9 \text{ т} \cdot 3000 + 2 \text{ т} \cdot 5000 = 37000 \text{ т}$.

На практике часто используется метод расчета выхода навоза на условную голову скота (8–9 тонн при продолжительности стойлового периода 200–220 дней). При переводе скота в условные головы пользуются следующими коэффициентами: поголовье крупного рогатого скота – 0,77–0,90, свиней – 0,25–0,49, лошадей – 0,75–0,82, овец – 0,12–0,16. Количество навоза от одной условной головы (т) умножается на число условных голов.

Пример. В хозяйстве имеется 1000 голов крупного рогатого скота, 5000 свиней, 100 лошадей и 1000 голов овец. Общий выход навоза от количества условных голов составит: $[(0,90 \times 1000) + (0,25 \times 5000) + (0,75 \times 100) + (0,12 \times 1000)] \times 8 = 18760 \text{ т}$.

Студент должен выбрать такой способ хранения, при котором навоз отвечал бы требованиям удобрения хорошего качества и экологическим требованиям.

В первую очередь органическими удобрениями обеспечиваются овощные севообороты; затем кормовые с большим набором пропашных культур; специализированные с высокой насыщенностью техническими культурами (сахарная свекла, конопля и т. д.). В последнюю очередь насыщаются органическими удобрениями полевые севообороты с преобладанием зерновых хлебов.

Рассмотрим использование имеющегося навоза (4200 тонн) в свекловичном севообороте: чистый пар – 200 га; озимая пшеница – 210 га; сахарная свекла – 195 га; ячмень – 180 га. Сначала определяем место внесения навоза в севообороте, где лучшим яв-

ляется чистый пар. Затем определяем норму навоза в этом поле, которая составляет $4200 \text{ т} : 200 \text{ га} = 21 \text{ т/га}$.

Для расчета насыщенности навозом 1 гектара севооборотной пашни необходимо количество навоза, полученного после хранения (4200 тонн), разделить на общую площадь севооборота (785 гектаров). В результате насыщенность севооборота составит $4200 : 785 = 5,3 \text{ т навоза на 1 гектар}$.

При распределении органических удобрений по полям севооборота руководствуются биологическими особенностями культур и отзывчивостью их на различные виды органических удобрений. При этом исходят из того положения, что для всех культур минимальной разовой нормой органических удобрений, которая бывает экономически и энергетически целесообразной является – 20 т/га. Так как в севообороте в силу организационно-технических и других причин нельзя внести органические удобрения под каждую культуру, то их используют в одном или двух полях один раз за ротацию севооборота. В полевых севооборотах это, как правило, чистый пар и пропашные культуры (картофель, кукуруза и др.).

В чистом пару создаются хорошие условия минерализации навоза и других органических удобрений, что позволяет обеспечивать культуры севооборота доступными элементами питания.

Преимущество внесения органических удобрений под пропашные культуры связано с их более продолжительным периодом вегетации по сравнению с зерновыми хлебами, а также с созданием более оптимальных условий для разложения навоза, соломы и других удобрений. При этом, чем длиннее вегетационный период, тем большее количество элементов питания используют растения. Это обстоятельство следует учитывать, например, при внесении навоза различной стадии разложения – более разложившийся навоз необходимо использовать под ранние сорта картофеля и наоборот.

Главной целью использования органических удобрений в севообороте является повышение содержания гумуса в почве. Поэтому норма органических удобрений должна быть рассчитана на создание, как минимум, бездефицитного баланса гумуса.

Коэффициент гумификации навоза зависит от почвенно-климатической зоны, условий агротехники, качества навоза и

других факторов. В среднем он колеблется от 15 до 30 % на сухое вещество навоза. По влиянию на воспроизводство гумуса 1 тонна соломы приравнивается к 3–4 тоннам подстилочного навоза. Из органического вещества зеленого удобрения гумуса образуется в 2,5 раза меньше, чем из соответствующего количества подстилочного навоза.

Если имеющегося навоза в хозяйстве недостаточно для формирования бездефицитного баланса гумуса, то разрабатываются мероприятия по увеличению количества органических удобрений, например, за счет приготовления компостов. В целях увеличения выхода навоза можно применять и повышенные нормы подстилки. Наиболее распространенными подстилочными материалами являются солома злаковых культур и верховой торф. Кроме того используются стружки, опилки. Наивысшей поглощательной способностью обладает верховой торф, который на 1 часть сухой массы поглощает 10–15 частей воды. Солома (в зависимости от культур) поглощает от 1,5 до 3 частей, стружки – 3 части, опилки – 4,0–4,5 части воды.

При хранении навоза в навозохранилищах образуется навозная жижа, которая также является ценным органическим удобрением. Общее количество ее составляет в среднем 10–15 % от массы свежего навоза. Этот вид удобрения особенно эффективно использовать в качестве подкормок овощных культур при условии разбавления поливной водой.

3.2 Проект химической мелиорации почв

При разработке плана известкования кислых почв студент должен сначала определить нуждаемость почв севооборота в известковании; (Приложение 15) установить норму CaCO_3 , одним из указанных ниже способов; выбрать известковый материал (Приложение 16) соответствующий требованиям культур севооборота и ГОСТ; определить место размещения мелиоранта, выбрать срок внесения, учитывая экологические ограничения при известковании. Кроме того, необходимо обратить внимание на содержание тяжелых металлов в используемых в работе известковых материалах. Данные по количеству ТМ представлены в приложении 17.

3.2.1 Установление необходимости известкования

Для определения необходимости известкования используется несколько способов: 1) визуальный; 2) агрохимический; 3) дополнительный, который подтверждает агрохимический и визуальный.

Визуальный способ основан на субъективной оценке внешних признаков, характерных для кислых почв. Кислые почвы, как правило, образуются в результате подзолообразовательного процесса, при этом, чем сильнее он выражен, тем мощнее подзолистый слой и выше кислотность. В светлых лесных почвах, под более темным пахотным слоем нередко можно обнаружить белесый подзолистый горизонт, достигающий 10 см и более. Однако, в черноземных почвах этот слой может отсутствовать. Для них признаком повышенной кислотности может служить белесая кремнеземистая присыпка, образующаяся в связи с потерями кальция и магния из пахотного горизонта, а также связанная с потерями гумуса и миграцией илистых частиц. Вместе с тем, следует учитывать глубину залегания карбонатов. При неглубоком их расположении (40–50 см) нуждаемость почв в известковании оказывается невысокой.

Агрохимический способ. Внешние признаки дают лишь приблизительные указания на повышенную кислотность почв. Поэтому оценку нуждаемости почв в известковании можно достоверно провести лишь на основании агрохимических показателей.

В практике известкования принята шкала по степени кислотности почв и их нуждаемости в известковых удобрениях (Приложение 15).

Нуждаемость почвы в известковании определяют, учитывая следующие показатели: рН солевой вытяжки, степень насыщенности основаниями, гранулометрический состав, чувствительность возделываемых растений к кислотности, содержание гумуса.

В первом приближении потребность почв в известковании можно установить по рН солевой вытяжки (КС1), руководствуясь следующими данными:

I – почва сильно нуждается в известковании, рН < 4,5;

II – почва средне нуждается в известковании, рН 4,5–5,0;

III – почва слабо нуждается в известковании, рН 5,1–5,5;

IV – почва не нуждается в известковании, рН>5,5.

При одних и тех же значениях кислотности легкие почвы меньше нуждаются в известковании, чем тяжелые.

Учитывая продолжительное действие известковых материалов и требования культурных растений к реакции почвенной среды, известкование осуществляют в следующих случаях: а) в полевых севооборотах с бобово-злаковыми травами на песчаных и супесчаных почвах при рН<5,3; суглинистых – при рН<5,5; глинистых – при рН<6,5; б) в кормовых и овощных севооборотах на песчаных и супесчаных почвах при рН<5,5; суглинистых при рН<6,0; глинистых – при рН<6,5.

Студент должен определить необходимость известкования почвы в севообороте, рассчитать нормы CaCO_3 , определить вид мелиоранта (Приложение 18) и его дозу, срок и способ внесения и заделки в почву, возможное поступление загрязняющих веществ с известковыми материалами и класс их токсичности.

3.2.2 Определение норм известии

Для установления нормы карбоната кальция используются различные методы.

Дозы карбоната кальция можно определить по затратам CaCO_3 на смещение определенной величины рН. Эти затраты устанавливаются на основе результатов полевых опытов, проводимых в различных регионах, на различных почвах.

На практике дозы CaCO_3 (т/га) рассчитывают по формуле

$$D_{\text{CaCO}_3} = \Delta pH \cdot A \cdot 10,$$

где ΔpH – планируемый сдвиг рН;

A – затраты CaCO_3 для сдвига на 0,1 рН, т/га;

10 – коэффициент для пересчета в т/га.

На основании результатов исследований, осуществленных кафедрой почвоведения и агрохимии Пензенской ГСХА, установлены следующие нормативы затрат: для изменения величины рН на 0,1 на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом требуется от 0,6 до 0,9 т/га CaCO_3 ; черноземе оподзоленном тяжело-

суглинистом – от 0,8 до 1,0 т/га; черноземе оподзоленном средне-суглинистом – от 0,3 до 0,6 т/га.

Существуют другие методы. В нашей стране основным является метод установления норм CaCO_3 по гидролитической кислотности. Он базируется на учении К.К. Гедройца о почвенном поглощающем комплексе, где за счет известкования происходит замена ионов, обуславливающих кислотность почв, на ионы кальция и магния. При этом норма CaCO_3 , позволяющая нейтрализовать гидролитическую кислотность, называется полной.

Для вычисления нормы CaCO_3 т/га по этому методу величину гидролитической кислотности (H_g), выраженную в мг-экв. на 100 г почвы, умножают на коэффициент 1,5:

$$\text{CaCO}_3 = H_g \cdot 1,5$$

Более точно норму CaCO_3 (т/га) устанавливают с учетом глубины известкуемого слоя (h , см) и плотности почвы (d , г/см³):

$$\text{CaCO}_3 = 0,05 \cdot H_g \cdot d \cdot h$$

Однако известковые материалы характеризуются различной нейтрализующей способностью, которая зависит от содержания в них CaCO_3 и MgCO_3 , а также количества недействительных частиц (диаметром >1 мм), примесей песка, глины, содержания влаги и др.

Поэтому полученную норму CaCO_3 (по H_g), уточняют на конкретный известковый материал по формуле

$$D = \frac{D_{H_g} \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - B) \cdot (100 - K) \cdot P},$$

где D – норма известкового материала, т/га;

B – влажность известкового материала, в процентах;

K – количество частиц крупнее 1 мм, в процентах;

P – нейтрализующая способность известкового материала в пересчете на CaCO_3 или MgCO_3 , в процентах;

D_{H_g} – норма CaCO_3 , рассчитанная по гидролитической кислотности, т/га.

Расчетные данные заносятся в таблицу 7, и дается анализ вида мелиоранта и его применения.

Сначала определяем нуждаемость почв севооборота в известковании. В этом приеме нуждается почва чистого пара, где $pH < 5,5$, а степень насыщенности (V) – менее 80 %. Затем устанавливаем норму $CaCO_3$ по гидролитической кислотности ($Hг \cdot 1,5$) $5,0 \cdot 1,5 = 7,5$ т/га. Далее выбираем известковый материал. В связи с наличием в севообороте сахарной свеклы желательно использовать доломитовую муку, содержащую $CaCO_3 + MgCO_3$ – 80 %. По техническим условиям она должна иметь не более 12 % влаги (B), количество недеятельных частиц (>1 мм) не должно превышать 6 % (K). Тогда норма доломитовой муки составит:

$$D = \frac{7,5 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - 12) \cdot (100 - 6) \cdot 80} = \frac{7500000}{661760} = 11,3 \text{ т/га}$$

Учитывая, что в четырехпольном севообороте известкуется только одно поле, то очередность известкования не устанавливается, а лучшим сроком внесения является осенний под зяблевую вспашку.

Такая доза теоретически должна довести реакцию среды до щелочной, однако в полевых условиях из-за медленного взаимодействия известковых удобрений с почвой, недостаточного перемешивания, реакция достигает значений pH близкой к нейтральной. Поэтому рассчитанная норма не для всех типов почв может быть оптимальной.

Например, на тяжелых почвах с высоким содержанием гумуса в полевых севооборотах оптимальной может быть полуторная норма $CaCO_3$, рассчитанная по $Hг$. Наоборот, на легких почвах, с невысоким содержанием гумуса, обладающих меньшей сопротивляемостью, эта норма может соответствовать гидролитической кислотности или даже части ее.

3.2.3 Место известки в севообороте

Выбор места известкования в севообороте должен осуществляться с таким расчетом, чтобы наиболее отзывчивые на

этот прием культуры попадали на известкованное поле через 2–3 года после внесения известковых удобрений.

Как правило, в полевых зернопаропропашных севооборотах известковые материалы вносятся в паровом поле. При отсутствии такого поля известкование можно осуществлять под пропашные и зернобобовые культуры.

При наличии в севообороте картофеля, известкование необходимо проводить непосредственно под картофель, так как в первый год действие извести невысокое. Наибольший эффект проявляется на 3-4-й год после известкования. Избыток кальция может приводить к появлению парши у картофеля. При насыщенности севооборота картофелем 20–25 % норму извести рекомендуется снижать на $\frac{1}{4}$ от расчетной. При меньшей насыщенности норма карбоната кальция не снижается, но при этом используются известковые материалы, содержащие наряду с кальцием и магний, а также норму калийных удобрений увеличивают на 30–50 %. Кроме того, вносятся борные удобрения, так как кальций и бор – антагонисты.

В кормовых севооборотах известкование осуществляется в выводных полях, а известковые материалы вносятся под покровную культуру.

В овощных севооборотах известковые удобрения вносятся под капусту и корнеплоды.

При закладке плодового сада и ягодников известкование сочетается с предварительным комплексным окультуриванием почвы.

3.2.4 Очередность известкования

В практике принята трехступенчатая очередность известкования.

В первую очередь известкуются почвы очень сильнокислые и сильнокислые ($\text{pH} < 4,5$) с низкой степенью насыщенности основаниями (до 50 %).

Во вторую очередь известкуются почвы со среднекислой реакцией среды ($\text{pH} 4,5\text{--}5,0$), с насыщенностью почв основаниями в пределах 50–70 %.

В третью очередь известкуются почвы со слабокислой средой (рН 5,1–5,6) и насыщенностью основаниями около 80 %. При этом учитывают наличие в севообороте культур требовательных к реакции почвы. Обязательно известкование при наличии в севообороте сахарной свеклы или овощных культур.

3.2.5 Эффективность известкования

Из культур, выращиваемых в полевых севооборотах, наиболее чувствительны к кислотности и отзывчивы на известкование сахарная, кормовая, столовая свекла, конопля, люцерна, капуста, зернобобовые, пшеница, ячмень.

По данным многочисленных исследований, известкование пензенских почв обеспечивает прибавку урожайности зеленой массы однолетних трав от 1,3 до 3,3 т/га; яровой пшеницы – 0,08–0,2 т/га; озимой пшеницы – 0,28–0,34 т/га; проса – 0,11–0,31 т/га; гороха – 0,1–0,14; озимой ржи – 0,13–0,29; сахарной свеклы – 3,0–5,0 т/га; кормовой свеклы – 3,0–11,5 т/га.

Вместе с тем, не всегда на черноземах известкование приводит к увеличению урожайности культур, но значительно повышает эффективность минеральных удобрений и улучшает качество продукции.

Такая норма теоретически должна довести реакцию среды до щелочной, однако в полевых условиях из-за медленного взаимодействия известкового материала с почвой, недостаточного перемешивания, реакция достигнет значений рН близких к нейтральной. Поэтому рассчитанная норма не для всех типов почв может быть оптимальной. Например, на тяжелых почвах с высоким содержанием гумуса в полевых севооборотах может быть полуторная норма CaCO_3 , рассчитанная по Нг. На легких, по гранулометрическому составу, почвах с невысоким содержанием гумуса, может соответствовать части Нг.

3.3 Определение потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях

Основное место в плане использования удобрений занимает расчет оптимальных доз. Для их определения используются разные методы. Наиболее распространенными являются балансовый и нормативный методы.

Эффективность применения минеральных удобрений во многом зависит от технических средств по их внесению. По данным научных исследований, неравномерность внесения азотных удобрений не должна превышать 10 %, фосфорных и калийных – 15–20 %.

Важную роль играют способы их внесения и заделки в почву. Оптимальные условия питания для растений создаются, если удобрения вносятся в наиболее влажный слой почвы – на глубину от 10 до 20 см на серых лесных почвах и от 10 до 30 см на черноземах, т. е. в зону размещения основной массы корневой системы. При мелкой заделке удобрения размещаются в поверхностных, пересыхающих слоях почвы и плохо используются растениями.

Особенно низкий эффект от такой заделки наблюдается в засушливые годы при недостаточном выпадении осадков. Заделка азотных, фосфорных и калийных удобрений равномерно по профилю пахотного горизонта (при вспашке минеральные удобрения заделываются на глубину до 30 см, при культивации – до 10 см) способствует лучшему усвоению элементов питания корневой системой растений, что и обеспечивает более высокий урожай возделываемых культур. При заделке минеральных удобрений под плуг в верхние слои почвы попадает порядка 23 % от внесенных удобрений, при заделке тяжелыми культиваторами – 76 %, что обеспечивает достаточным питанием растения в самые начальные периоды их роста и развития.

К настоящему времени из многообразия методов расчета доз удобрений можно выделить три направления.

Первое направление обосновано работами Д.Н. Прянишникова, А.Н. Лебеядцева, А.В. Соколова и других ученых. За основу определения доз удобрений они принимали результаты полевых опытов, проведенных на типичных для региона почвах. На

основании этих опытов эмпирическим путем устанавливаются средние дозы по зонам страны для основных сельскохозяйственных культур. Данное направление и соответствующие методы определения помогают избежать грубых ошибок, но не обеспечивают максимального эффекта от применения удобрений.

Второе направление – за основу в разработке рациональных норм удобрений принимается потребность самих растений в элементах питания. Данное направление основано на работах К.А. Тимирязева, говорившего о необходимости «спрашивать мнение» самого растения о потребности в питательных веществах и на этой основе разрабатывать дозы удобрений. Последователями этого направления являются А.М. Надеждин, Т.П. Кулаковская, В.Д. Панников и другие ученые.

Третье направление основано на математических расчетах с применением компьютерной техники. Для этих целей используются математические модели – производные функции, которые устанавливают количественную связь между нормами удобрений и урожайностью культур в определенных почвенно-климатических условиях.

При разработке системы удобрения наиболее часто используются балансовые методы, учитывающие величину запланированной урожайности и плодородие почвы.

При этом учитываются: вынос питательных веществ с урожаем, запасы подвижных форм элементов питания в пахотном слое почвы, коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений.

Определение доз внесения минеральных удобрений студент может рассчитывать по нормативу затрат питательных веществ на создание планируемого урожая по формуле

$$D = U_{\text{п}} \cdot H \cdot K,$$

где D – доза N, P₂O₅ или K₂O на планируемую урожайность, кг/га д. в.;

$U_{\text{п}}$ – планируемая урожайность, ц/га (т/га);

H – норматив затрат питательного вещества удобрения на единицу урожая, кг/га д. в. (Приложение 14);

K – поправочный коэффициент на класс почвы по обеспеченности фосфором и калием (Приложение 18).

Все почвы по агрохимическим показателям разделены на шесть классов. Эта классификация отражает существующие у растений различия в требовательности к кислотности почв и обеспеченности подвижными формами питательных элементов.

Принято считать, что классом средней обеспеченности подвижными формами питательных элементов для зерновых, зернобобовых, однолетних и многолетних трав является III класс; для пропашных культур – IV класс, а для овощных и технических (только по фосфору) культур – V класс.

Корректируются рекомендуемые дозы удобрений в соответствии с показателями почв введением соответствующих поправочных коэффициентов (Приложение 18).

При средней обеспеченности почвы фосфором и калием поправочный коэффициент при любой обеспеченности почв азотом принят за единицу.

Пример. Планируемая урожайность озимой пшеницы 5,0 т/га. Нормативные затраты P_2O_5 на 1 т зерна 23 кг. Отсюда, для создания урожайности в 5 т потребуется $(23 \cdot 5) = 115$ кг. Количество P_2O_5 в почве 25 мг/кг почвы, т. е. содержание доступного фосфора характеризуется как низкое (Приложение 1), поправочный коэффициент к дозе этого элемента для зерновых культур 1,3–1,5 (Приложение 18).

Тогда доза P_2O_5 для получения урожайности озимой пшеницы 5 т/га составит $115 \cdot 1,5 = 172,5$ кг/га.

Рассчитывается под все культуры севооборота.

При разработке системы удобрения можно использовать балансовые методы, учитывающие величину запланированной урожайности и плодородие почвы.

При этом методе учитываются: а) вынос питательных веществ с урожаем, б) запасы подвижных форм элементов питания в пахотном слое почвы, в) коэффициенты использования из почвы и удобрений.

Данный метод предусматривает покрытие потребности культур севооборота в элементах питания, которая соответствует выносу их с запланированным урожаем, за счет потребления их из почвы, последствий ранее внесенных удобрений, поступле-

ния из пожнивно-корневых остатков предшественника, органических (навоза) и минеральных удобрений.

При расчете доз удобрений методом элементарного баланса, сначала проводится расчет выноса питательных веществ, что производится умножением плановой урожайности на вынос элементов питания единицей основной продукции с учетом соответствующего количества побочной. В нашем примере вынос озимой пшеницей при плановой урожайности 40 ц/га зерна составит: азота – $40 \cdot 3,7 \text{ кг} = 148 \text{ кг/га}$; фосфора – $40 \cdot 1,3 \text{ кг} = 52 \text{ кг/га}$; калия – $40 \cdot 2,6 \text{ кг} = 104 \text{ кг/га}$ (Таблица 8).

Запасы питательных веществ в почве определяются по данным агрохимических паспортов (задания). Для этого содержание фосфора или калия (мг/100 г почвы) умножают на глубину пахотного слоя в см и на плотность сложения почвы. При отсутствии данных плотность принимается равной единице. Например, в задании 1^А содержание фосфора и калия во 2-м поле севооборота, где размещена озимая пшеница, составляет 7,7 и 8,8 мг/100 г почвы соответственно. Запасы этих питательных веществ в пахотном слое почвы на 1 гектаре составят: $7,7 \text{ мг} \cdot 30 \text{ см} \cdot 1 = 231 \text{ кг/га}$ фосфора и $8,8 \text{ мг} \cdot 30 \text{ см} \cdot 1 = 264 \text{ кг/га}$ калия. Коэффициенты использования для зерновых культур равны: по фосфору 10 %, калию 12 %. Тогда размер использования этих элементов из почвы растениями озимой пшеницы составит: фосфора – 231 кг/га (к.и. 10%) = 23,1 кг/га; калия – 264 кг/га (к.и. 12 %) = 31,7 кг/га. Последствие минеральных удобрений определяется на основе норм туков, внесенных под предшествующую культуру и с учетом коэффициентов использования (второй год последствия). Например, под озимую пшеницу было внесено 127 кг азота и 54 кг фосфора. Тогда на следующий год сахарной свеклой будет усвоено из этих удобрений – 127 кг (к.и. 5 %) = 6,4 кг азота; 54 кг (к.и. 10 %) = 5,4 кг фосфора.

Количество пожнивно-корневых остатков (ц/га) рассчитывается по уравнениям линейной регрессии, которые имеют вид: для озимых зерновых культур $y = 0,41x + 19,88$; для яровых зерновых и зернобобовых культур, проса, гречихи $y = 0,54x + 10,11$; для сахарной и кормовой свеклы $y = 0,03x + 4,21$; кукурузы и подсолнечника на силос $y = 0,1x + 6,27$; для однолетних трав (сено) $y = 0,25x + 14,74$; для многолетних трав (сено) $y = 0,23x +$

35,11, где x – урожай культуры, ц/га. Количество растительных остатков можно определить и по коэффициентам, которые представлены в приложениях 4 и 5.

Так, в нашем примере, количество пожнивно-корневых остатков ячменя составляет 26,3 ц/га. В них содержится 28,9 кг азота, 7,9 кг фосфора и 18,4 кг калия. Данные значения записываются в расчеты для последующей культуры, а именно под чистый пар или озимую пшеницу. Из пожнивно-корневых остатков элементы питания усваиваются примерно в тех же количествах, что и из органических удобрений. Поэтому коэффициенты использования берутся применительно к навозу.

В нашем примере количество потребляемого озимой пшеницей азота из пожнивно-корневых остатков ячменя составит 28,9 кг (к.и. 20 %) = 5,8 кг; фосфора - 7,9 кг (к.и. 30 %) = 2,4 кг; калия - 18,4 кг (к.и. 50 %) = 9,2 кг. Далее определяем количество элементов питания, вносимых с навозом. Для этого имеющийся навоз, оставшийся после его хранения, – 4200 тонн (таблица 2) делим на площадь парового поля, где будет вноситься навоз ($4200 : 200 = 21$ т/га). Зная, что одна тонна полуперепревшего навоза среднего качества содержит 5 кг N, 2,5 кг P₂O₅ и 6 кг K₂O определяем количество вносимых с ним питательных веществ: 21 т · 5 кг = 105 кг азота; 21 т · 2,5 кг = 52,5 кг фосфора; 21 т · 6 кг = 126 кг калия. В расчетах условно действие навоза ограничивается тремя годами, поэтому размер усвоения тремя культурами севооборота корректируется коэффициентами использования как при прямом его действии, так и в последствии. В первый год действия навоза растения озимой пшеницы усваивают: 105 кг (к.и. 20 %) = 21 кг азота; 52,5 кг (к.и. 30 %) = 15,8 кг фосфора; 126 кг (к.и. 50 %) = 63 кг калия. Тогда необходимое количество минерального азота составит: 148 кг – 45,1 кг (используется из почвы) - 5,8 кг (из пожнивно-корневых остатков) – 21 кг (из навоза) – 76,1 кг/га. Но в первый год из минеральных удобрений растения используют 60 % азота; 20 % фосфора и 60 % калия. Следовательно, с учетом коэффициентов использования из минеральных удобрений потребность в этих элементах возрастет и составит: по азоту $\frac{76,1 \text{ кг} \cdot 100}{60\%} = 127 \text{ кг}$; по фосфору $\frac{10,7 \text{ кг} \cdot 100}{20\%} = 54 \text{ кг}$. Калийных минеральных удобрений не требуется, так как потребность озимой

пшеницы в нем удовлетворяется за счет калия почвы, пожнивно-корневых остатков ячменя и навоза. Подобные расчеты проводятся и для других культур севооборота.

При наличии в севообороте бобовых трав необходимо учитывать потребление последующей культурой азота, связанного симбиотическим путем. Расчет количества потребляемого азота ведется по данным таблицы 4.

Таблица 4 – Содержание азота в растительных остатках многолетних бобовых трав и его использование

Урожай сена, ц/га	Коэффициент растительных остатков	Содержание азота в растительных остатках	Коэффициент азотфиксации*		Коэффициент использования азота растительных остатков, % от общего		
			люцерна	клевер	1-й год	2-й год	3-й год
10	2,2	2,0	0,60	0,60	20	15	10
20	1,8	2,0	0,60	0,60	20	15	10
30	1,4	2,1	0,70	0,65	25	20	10
40	1,2	2,1	0,75	0,70	25	20	10
50	1,1	2,2	0,75	0,70	25	20	10
60	1,0	2,2	0,75	0,70	25	20	10
70	0,9	2,3	0,80	0,70	30	25	10...15
80	0,9	2,3	0,80	0,75	30	25	10...15

* Коэффициент азотфиксации зерновых бобовых культур составляет 0,4...0,5.

Например, при урожае сена люцерны 30 ц/га в почве остается $(30 \cdot 1,4)$ 42 ц/га пожнивно-корневых остатков, которые содержат 88,2 кг азота $(42 \cdot 2,1)$, в том числе фиксированного из атмосферы 61,7 кг $(88,0 \cdot 0,7)$. Исходя из этого, первой культурой усваивается 25%, или 15,4 кг азота $(61,7 \text{ кг} \cdot 0,25)$.

3.4 Годовые и календарные планы применения удобрений

После определения доз удобрений под все культуры севооборота студент должен составить план их применения.

В плане отражаются культуры севооборота, дозы элементов питания (д.в.), приемы использования удобрений.

Затем подбираются формы конкретных удобрений (приложение 19) с учетом биологических особенностей культур, характера взаимодействия удобрений с почвой, свойств самой почвы, химического состава удобрений. В плане указывается необходимое количество удобрений в физической массе.

Пример. Для получения планируемой урожайности озимой пшеницы 5 т/га требуется 172,5 кг/га P_2O_5 . В основное внесение фосфора должно быть использовано под зябь 80–90 %. Почва имела среднекислую реакцию среды ($pH_{KCl} = 4,8$). В этих условиях можно использовать фосфоритную муку, содержание P_2O_5 в ней 20 %. Таким образом, под зябь вносится $(172,5 \cdot 90) : 100 = 155$ кг P_2O_5 или $(155 \cdot 100) : 20 = 775$ кг фосфоритной муки. Оставшееся количество P_2O_5 $(172,5 - 155,0) = 17,5$ кг необходимо внести при посеве, так как фосфор в период прорастания – всходы наиболее необходим растениям. Наиболее эффективным удобрением для этого является концентрированный суперфосфат, содержание P_2O_5 в котором 45 %. Отсюда, при посеве будет внесено $Ca(H_2PO_4)_2$, $-(17,5 \cdot 100) : 45 = 39$ кг.

Рассчитав удобрения под культуры севооборота, студент должен занести полученные данные в таблицы 8, 9.

При составлении системы удобрения определяется ежегодная потребность в удобрениях для севооборота в целом и по срокам использования.

В практической работе важно знать, сколько и каких удобрений должно закупить хозяйство для основного внесения (задолго и незадолго до посева), припосевного использования и для подкормок.

Расчет общей потребности в питательных веществах приводится на основании данных таблицы 10. Для этого доза того или иного элемента с учетом приема и срока использования в севообороте умножается на площадь, занятую данной культурой.

Пример. При посеве доза фосфора под озимую пшеницу 20 кг д.в., площадь посева 100 га; под ячмень (180 га) – 15 кг, сахарную свеклу – (160 га) – 15 кг. Тогда общая потребность для припосевного внесения составит $(20 \cdot 100) + (15 \cdot 180) + (15 \cdot 160) = 7100$ кг, или 7,1 т.

Аналогично рассчитывается общая потребность хозяйства в конкретных удобрениях. Расчетные данные студент должен занести в таблицу 10.

В плане отражаются культуры севооборота, рассчитанные нормы элементов питания, а также приемы использования удобрений.

План применения удобрений для удобства сначала составляется в действующем веществе азота, фосфора и калия на гектар каждой удобряемой культуры. Затем подбираются виды и формы конкретных удобрений с учетом биологических особенностей культур и в плане указывается необходимое их количество в физическом весе (ц/га). Для этого требуемое количество элемента для внесения делится на процентное содержание этого элемента в удобрении. Например, под сахарную свеклу требуется внести задолго до посева 187 кг д.в. калия. Лучшим калийным удобрением считается 40 % калийная соль, содержащая 40 % K_2O и имеющая в своем составе натрий, необходимый растениям сахарной свеклы. Определяем физический вес этого удобрения:

$$187 : 40 = 4,7 \text{ ц/га.}$$

Студент должен сделать заключение по этому разделу, и здесь необходимо пояснить выбор форм удобрений, способов их использования.

3.5 Баланс питательных элементов

Баланс питательных веществ является обязательной составной частью системы удобрения. Это прогнозный эколого-агрономический показатель продуктивности культур, плодородия почв и степени соответствия их количеству и качеству применяемых удобрений и одновременно показатель химической нагрузки на почвы, растения и на контактирующие с ними компоненты окружающей среды.

Для получения любых уровней продуктивности сельскохозяйственных культур количество применяющихся удобрений должно быть теоретически таковым, чтобы полностью компенсировать расходование питательных элементов отчуждаемой продукцией и другими потерями.

Общие запасы питательных веществ в почве постоянно изменяются. Это связано с двумя противоположными процессами, в результате одного из которых происходит их расходование, другого – пополнение питательных элементов.

Расходная часть баланса состоит из нескольких составляющих: а) выноса элементов питания с урожаем; б) выноса с растительными остатками; в) вымывание в грунтовые воды; г) потери в результате эрозионных процессов (смыв, снос); д) газообразные потери азота (денитрификация) и др.

Восполняются элементы питания за счет следующих основных источников: а) органических, минеральных удобрений и мелиорантов; б) растительных остатков; в) посевного материала; г) биологической фиксации; д) атмосферных осадков, содержащих некоторые элементы и др.

Нередко некоторые приходно-расходные статьи баланса сокращают.

Например, для азота суммарное количество поступающего в почву элемента из атмосферы (включая выпадение с осадками), с семенами и за счет свободно живущих азотфиксаторов нередко соответствуют суммарным потерям его за счет вымывания, эрозионных процессов и газообразных потерь. Для фосфора, калия и других элементов суммарное количество из них, поступающее из атмосферы и с семенами, также может соответствовать их суммарным потерям за счет вымывания и эрозионных процессов. Уменьшение статей упрощают балансовые расчеты, так как чаще всего остается в приходных статьях только внесение с удобрениями и мелиорантами (для азота еще симбиотическая и несимбиотическая азотфиксация), а для расходных – потребление растениями.

Различают хозяйственный и биологический балансы.

Хозяйственный баланс – характеризует взаимосвязь выноса питательных веществ с основной и побочной продукцией и компенсации их за счет внесения минеральных и органических

удобрений. На его основе дается агрономическая оценка разрабатываемой системы удобрения.

Биологический баланс – охватывает все статьи поступления питательных веществ, включая пожнивно-корневые остатки и выноса их всеми частями растений. Расчет этого вида баланса осуществляется, как правило, при проведении научных исследований.

Количественные показатели баланса питательных элементов могут изменяться в зависимости от плодородия почв и культур севооборота.

Различные типы почв неоднородны по уровню своего плодородия, поэтому степень возмещения питательных веществ зависит от их гранулометрического состава, содержания гумуса и элементов питания. Баланс по азоту на черноземах может приближаться к нулю, на серых лесных он должен быть не ниже +15–20 % против выноса, а при наличии в севооборотах многолетних бобовых – +5–10 %.

Баланс по фосфору должен быть положительным и количественно выражаться в процентах к выносу урожаем в следующих величинах: около 0–25 % на почвах с высоким содержанием этого элемента, с низким содержанием – +100–150 %.

На тяжелосуглинистых и глинистых почвах возможен дефицитный баланс калия в пределах минус – 10–20 % против выноса; на среднесуглинистых – может быть близким к нулю, а на песчаных и супесчаных он должен быть положительным и не ниже +10 %. (Приложение 21).

Рассчитывается общий вынос элементов питания планируемой урожайностью на основании задания и приложения 7. Вынос одной тонной продукции умножается на планируемую урожайность. Данные поступления элементов питания с навозом и минеральными удобрениями берутся из таблицы 8. Баланс элемента определяется как разность между общим поступлением питательного вещества и его выносом с урожаем.

Расчетные данные заносятся в таблицу 12.

Для характеристики процессов восполнения потерь элементов питания используется показатель интенсивности баланса, который рассчитывается отношением поступления элемента к его выносу и выражается в процентах или в виде коэффициента.

3.6 Баланс гумуса и потребность в органических удобрениях

Важнейшим показателем почвенного плодородия является содержание гумуса. В почве одновременно протекает два противоположно направленных процесса, связанные с трансформацией органического вещества – минерализация и гумификация.

Решающим фактором, влияющим на интенсивность этих процессов в агроценозах, является хозяйственная деятельность человека.

Интенсивность минерализации органического вещества зависит от видового состава культур в севообороте. Под пропашными культурами она в два-три раза выше по сравнению с культурами сплошного сева, так как интенсивная обработка почвы увеличивает поступление воздуха и тем самым усиливает окисление органического вещества. Это объясняется тем, что разложение органического вещества наиболее интенсивно протекает в аэробных условиях. При этом часть продуктов разложения усваивается растениями, другая часть непроизводительно теряется. Особенно возрастает минерализация гумуса при обработке чистых паров, где в год его может разлагаться от 2 до 3 т/га. Увеличение в севообороте доли пропашных культур с 25 до 75 % также приводит к усилению минерализации гумуса в 4 раза. Поэтому сокращение числа обработок почвы за счет применения средств химизации, замена отвальной вспашки безотвальной и другие приемы снижают непроизводительные потери гумуса.

Процесс минерализации гумуса тесным образом связан с гранулометрическим составом почв. Интенсивность разложения и непроизводительные потери органического вещества возрастают на супесчаных и песчаных почвах и, наоборот, снижаются на глинистых. Кроме того коэффициенты гумификации органического вещества удобрений (навоза, соломы и др.) также связаны с гранулометрическим составом почв. На супесчаных и песчаных почвах гумуса образуется на 10-15 кг меньше, чем на тяжелосуглинистых. При внесении в почву свежего органического вещества 70–80 % его массы минерализуется в течение 2-х лет, остальные 20–30 % гумифицируются. Считается, что, в зависи-

мости от почвенно-климатических и других условий, из одной тонны навоза образуется от 40 до 60 кг гумуса. Использование в севооборотах торфо-навозных компостов обеспечивает восполнение гумуса из расчета 80 кг на 1 тонну смеси.

В качестве органического удобрения широко используется солома зерновых культур. Но в связи с широким отношением С:N для повышения коэффициента гумификации необходимо при ее заашке вносить в почву 8–12 кг азота минеральных удобрений на 1 тонну. При отсутствии минеральных удобрений солому следует запахивать в паровых полях под бобовые или пропашные культуры. По влиянию на воспроизводство гумуса 1 тонна соломы приравнивается к 3 тоннам подстилочного навоза. Следовательно при заашке указанного количества соломы в почве может образоваться от 120 до 180 кг гумуса.

Дополнительным приемом, увеличивающим накопление гумуса, может служить возделывание в севообороте культур, используемых на зеленое удобрение. Запахиваемая масса зеленых бобовых удобрений в связи с узким отношением С:N быстро минерализуется в почве, поэтому для повышения коэффициента гумификации необходимо ее запахивать в более глубокие слои почвы, а также совмещать этот прием с внесением соломы и навозной жижи.

Из органического вещества зеленого удобрения в связи с его повышенной минерализацией образуется меньше гумуса, чем из того же количества навоза. Если коэффициент гумификации органического вещества навоза принять за 1, то для зеленого удобрения он составит лишь 0,4.

Восполнению гумуса почвы способствуют и пожнивнокорневые остатки культурных растений. С урожаем зерновых культур и однолетних трав отчуждается около 60–65 % биомассы, кукурузы и картофеля – 70–73 %, сена многолетних трав – 40 %. Остальная часть биомассы, накапливаемой в результате фотосинтеза, остается в почве в виде растительных остатков и участвует в образовании гумуса. Наибольшее количество органического вещества в почве оставляют после себя многолетние травы, наименьшее – пропашные культуры. Процесс разложения и гумификации растительных остатков зависит от соотношения С:N в составе их органического вещества. Оптимальным, при котором

гумификация остатков протекает наиболее интенсивно, является соотношение C:N, равное 20:1. В связи с этим наибольшее количество гумуса образуют в почве растительные остатки бобовых трав. Количество растительных остатков определяется по уравнениям линейной регрессии или по коэффициентам.

Считается, что растительные остатки содержат 40 % углерода, который является гумусообразующим элементом. Так как не весь углерод превращается в гумус, приняты следующие коэффициенты: для зерновых, зернобобовых, однолетних и многолетних трав 0,25, кукурузы на силос – 0,15, картофеля, овощей, сахарной свеклы, корнеплодов – 0,08

Баланс гумуса является неотъемлемой частью системы удобрения, так как он позволяет составить прогноз состояния почв на перспективу, а также определить мероприятия, повышающие содержание органического вещества в почве.

Баланс гумуса может быть бездефицитным, когда количество новообразованного гумуса за определенный период времени соответствует количеству минерализовавшегося.

Отрицательный баланс складывается, когда количество новообразованного гумуса меньше минерализовавшегося.

Положительный баланс характеризуется превышением новообразованного гумуса над минерализованным за определенный период времени.

При определении баланса гумуса наибольшее распространение получил метод расчета по выносу растениями азота (И.В. Тюрин, 1957). Данный метод учитывает, что гумус в среднем содержит 5 % азота. Поэтому, например, использование растениями 50 кг почвенного азота сопровождается минерализацией 1 тонны гумуса. Зная величину выноса азота растениями, можно определить размер минерализации органического вещества почвы. Было предложено производить расчет по «гумусовым единицам», считая, что 1 тонна гумуса соответствует 1 ГЕ. При этом растения гумусонакопители повышают содержание гумуса: клевер на 2 ГЕ., люцерна – на 3 ГЕ. Использование 10 тонн навоза приводит к увеличению гумуса в почве на 1 ГЕ данный метод дает хорошие результаты, если соотношение C:N в гумусе равно 11,6.

Другой подход к расчетам баланса основан на взаимосвязи содержания гумуса с величиной минерализации и гумификации

органического вещества. А.М. Лыков (1982) использовал для этого комбинацию методов расчета баланса гумуса. Расходную часть он определял по выходу азота, приходную – с учетом гумификации растительных остатков и с учетом гранулометрического состава почвы.

Наиболее точным методом расчета баланса гумуса и потребности в органических удобрениях является метод, основанный на прямой фиксации изменения содержания гумуса за определенный промежуток времени. При этом величина разности между конечным и начальным периода и наблюдения является суммирующим показателем всех статей прихода и расхода в балансе гумуса.

В наших расчетах баланс гумуса определяется по разности между его минерализацией при возделывании культур севооборота и новообразованием за счет гумификации пожнивно-корневых остатков и используемых органических удобрений.

Минерализация почвенного гумуса определяется по расходу органически связанного азота при формировании урожая сельскохозяйственных культур. Исследованиями установлено, что половина (50 %) азота, отчуждаемого с урожаем из почвы, является азотом гумуса. Например, если озимая пшеница с урожаем 4,0 т/га выносит 148 кг азота, то количество азота, потребляемого за счет гумуса почвы, составляет 50 %, то есть 74,4 кг (таблица 15). Если в севообороте имеются бобовые культуры, то учитывается поступление азота в почву из атмосферы. Принято, что за счет азотфиксации многолетние бобовые травы фиксируют 70 %, зернобобовые – 60 % от общего выноса азота урожаем. В смешанных посевах однолетних трав (вика или горох с овсом) поступление азота за счет фиксации азота атмосферы составляет 37 % от общего выноса. Это учитывается при расчетах выноса азота указанными культурами. Например, если общий вынос азота люцерной составляет 120 кг/га, то количество фиксируемого азота будет равно $(120 \text{ кг} \cdot 0,7) = 84 \text{ кг}$. Тогда количество потребляемого растениями азота из гумуса почвы составит $(120 \text{ кг} - 84 \text{ кг}) : 2 = 18 \text{ кг/га}$.

Непроизводительные потери гумуса, связанные с неодинаковой интенсивностью обработки почвы под различными сельскохозяйственными культурами, корректируются следующими

коэффициентами: для многолетних трав – 1, для зерновых и других культур сплошного сева – 1,2, для пропашных – 1,6. Потери гумуса в чистых парах принимаются равными 2000 кг/га ежегодно. Интенсивность процессов минерализации и непродуцированных потерь азота в почвах, отличающихся различным гранулометрическим составом, учитываются при помощи поправочных коэффициентов: для тяжелого суглинка – 0,8, среднего – 1, легкого суглинка – 1,2, супеси 1,4, песка – 1,8.

Богатство гумуса азотом корректируется коэффициентом, отражающим количество разрушаемого гумуса для высвобождения одной части азота. В наших расчетах принимается, что для этого требуется 11,5 частей на черноземных почвах, на серых лесных почвах – 10.

Для расчета количества минерализованного гумуса под культурами севооборота необходимо количество выносимого из почвы азота последовательно умножить на соответствующие коэффициенты. Например: вынос азота из почвы озимой пшеницей составляет 74 кг/га. Тогда количество минерализованного гумуса под этой культурой составит $(74 \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 11,5) = 816,9 \text{ кг/га}$.

Существенной приходной статьей баланса гумуса являются пожнивно-корневые остатки сельскохозяйственных культур. Количество растительных остатков рассчитывается по уравнениям регрессии или по коэффициентам выхода растительных остатков.

Учитывая, что растительные остатки содержат 40 % углерода, определяем количество этого элемента в расчете на гектар. Например: озимая пшеница оставляет 34,2 ц/га растительных остатков, которые содержат $(34,2 \cdot 0,4) = 1452 \text{ кг/га}$ углерода. Так как не весь углерод остатков растений участвует в образовании гумуса, вводятся коэффициенты гумификации. Количество новообразованного гумуса из растительных остатков озимой пшеницы составляет $(1452 \text{ кг углерода} \cdot 0,25) = 363 \text{ кг/га}$. В чистом пару при внесении 21 т/га навоза образуется 840 кг гумуса, что также учитывается в расчетах баланса гумуса в севообороте. Так как баланс есть разница между минерализацией гумуса и его новообразованием, тогда баланс его под озимой пшеницей составит $(816,9 \text{ кг} - 363 \text{ кг}) = -453,9 \text{ кг/га}$. Аналогично рассчитывается баланс под другими культурами севооборота. Затем рассчитывается баланс гумуса по средневзвешенным показателям в целом по се-

вообороте и определяется интенсивность баланса. При дефиците гумуса определяется потребность в дополнительных органических удобрениях для формирования бездефицитного баланса. Для этого величина дефицита делится на количество образуемого гумуса из различных органических удобрений. Например, если дефицит гумуса ликвидируется использованием соломы, то необходимое для этого количество ее составит $(859 \text{ кг} : 120) = 7,2 \text{ т/га}$. В расчете на всю площадь необходимо внести 5652 тонны соломы. Таким же образом определяется потребность в навозе и зеленом удобрении, учитывая, что из 1 тонны навоза и зеленой массы сидератов образуется 40 и 20 кг гумуса соответственно.

Органические удобрения и растительные остатки, поступая в почву, подвергаются интенсивной трансформации под действием почвенной биоты. Одновременно происходят два процесса – минерализация и гумификация (новообразование гумусовых соединений).

Трансформация органического вещества в значительной мере определяется отношением углерода к азоту (C : N), углерода к фосфору (C : P) и содержанием азота в удобрениях и растительных остатках. Чем шире отношение C : N в удобрениях и остатках, тем медленнее протекает разложение органического вещества и его гумификация, чем уже, тем интенсивнее. При сужении C:N (20:1) процессы трансформации органических соединений направлены в сторону минерализации.

Интенсивность минерализации органического вещества зависит от его химического состава, свойств почв (гранулометрического состава, реакции среды, биологической и ферментативной активности и др.), агротехнических условий, гидротермического режима. Динамика разложения определяется преимущественно уровнем доступных биогенных элементов, регулирующим гидролизную активность микроорганизмов. Наличие устойчивых и бактерицидных веществ (полифенолов, лигнина), а также бедность азотом и другими элементами минерального питания замедляет их переработку микроорганизмами.

Процессы минерализации связаны с деятельностью автохтонной микрофлоры, активность которой резко повышается при интенсивной обработке почвы, где увеличивается поступление воздуха и тем самым усиливается окисление органического ве-

щества. Так, под пропашными культурами минерализуется в 2–3 раза больше органического вещества, чем под культурами сплошного сева, а в условиях лесостепи Среднего Поволжья в чистом пару его разлагается 2,0–2,5 т на одном гектаре.

Сокращение числа обработок почвы за счет применения средств химизации, замена отвальной вспашки безотвальной и другие приемы снижают непроизводительные потери гумуса.

Воспроизводству гумуса способствуют органические удобрения (навоз, торф, солома, компосты и др.), пожнивно-корневые остатки (ПКО) культурных растений. С урожаем зерновых культур и однолетних трав отчуждается около 60–65 % биомассы, кукурузы, картофеля, подсолнечника, корнеплодов – 70–73 %, многолетних трав – 40 %. Остальная биомасса остается на полях в виде ПКО и участвует в образовании гумуса. Считается, что растительные остатки содержат около 40 % углерода, который является основой для образования гумуса. Однако не весь углерод расходуется в процессе гумусообразования. Принято считать, что гумифицируется углерод: остатков зерновых на 25 % (коэффициент 0,25), кукурузы, подсолнечника на силос – 15 (0,15), картофеля, овощей, сахарной свеклы, корнеплодов – 8 % (0,08).

Баланс гумуса является неотъемлемой частью системы удобрения, так как он позволяет составить прогноз состояния почв и определить мероприятия, повышающие содержание органического вещества в почве.

Отрицательный баланс складывается тогда, когда количество новообразованного гумуса меньше минерализовавшегося.

Прежде чем приступить к расчету баланса гумуса, студент должен подсчитать выход побочной продукции (Приложения 4, 5) и определить ее использование в хозяйстве. В настоящее время, в большей части, она не используется на корма скоту и подстилку, остается в поле и идет на образование гумуса. Если солома используется в хозяйстве, то потребность ее для скота следующая: на одну голову крупного рогатого скота 3 т/год для взрослого и 1,5 т – для молодняка, на одну голову свиней и овец – 0,3 т/год.

Кроме того, необходимо подсчитать и количество ПКО, остающееся после уборки урожая (плановая продукция дана в за-

дании) (Приложение 5). Результаты расчетов представляются в таблице 13.

Пример. Планируемая урожайность озимой пшеницы 5 т/га (задание – планируемая урожайность), выход соломы – 7,5 т/га ($1,5 \cdot 5,0$) (Приложение 4), ПКО – 7 т/га ($1,4 \cdot 5,0$) (Приложение 5 или 6). Всего – 14,5 т/га, в них углерода ($7,5 \cdot 0,4$) + ($7,0 \cdot 0,4$) – 5,8 т, или 5800 кг/га.

Затем студент должен подсчитать, сколько гумуса может образоваться из этого углерода (С). Для чего применяются коэффициенты, приведенные выше.

Так, в 7,5 т соломы содержится 3 т, или 3000 кг С, коэффициент гумификации которого 25 %. Образуется 750 кг гумуса или из 1 т физической массы соломы 100 кг гумуса.

Аналогично рассчитывается новообразованный гумус из ПКО. Количество гумуса, образующегося из 1 т навоза, составляет 37,5 кг или = 40 кг.

Данные по количеству минерализующегося гумуса под культурами представлены в приложении 22.

Имея данные по минерализации органического вещества (–) и гумификации (+), рассчитывают баланс гумуса.

Если баланс будет дефицитным, то необходимо внести соломой или ввести в севооборот сидераты.

В виде сидератов можно использовать донник и клевер, отводя под их посев часть чистого пара. Эти культуры следует подсевать под заключительную культуру севооборота (кроме подсолнечника). В пару можно проводить и весенний посев смеси редьки масличной или горчицы белой с викой (яровой или озимой). Кроме того, часто вводят сидерат после уборки рано убираемых культур (озимые на зеленый корм, однолетние травы на зеленый корм и сено, ячмень, ранний картофель). В качестве сидератов можно использовать капустные культуры (сурепицу, рапс, редьку, горчицу).

Выход гумуса от одной тонны зеленой массы сидератов составляет 15 кг.

3.7 Технология применения удобрений и расчет потребности машин для их применения

Внесение твердых минеральных удобрений

Для доставки удобрений к месту внесения применяются два способа: бесперевалочный и перевалочный.

При бесперевалочном удобрении загружают в транспортные или транспортно-технологические средства и доставляют к месту внесения. Такой способ целесообразно использовать, если расстояние от склада не превышает 15–20 км.

При перевалочном способе удобрения предварительно доставляются из прирельсовых складов и складываются в склады хозяйства, где они хранятся до агротехнических сроков внесения. Такой способ используется, если расстояние до места приобретения туков более 20 км.

Перед использованием проводится подготовка минеральных удобрений, которая включает следующие операции: растаривание загруженных в мешки удобрений, измельчение слежавшихся туков, просеивание и приготовление тукосмесей.

Растаривание мешков и измельчение слежавшихся удобрений осуществляется при помощи агрегата АИР-20, производительность которого составляет 20–30 тонн за 1 час работы.

Тукосмеси имеют преимущество перед однокомпонентными удобрениями, так как: а) уменьшается число проходов агрегатов по удобряемому полю; б) сокращаются сроки внесения; в) уменьшается потребность в разбрасывателях. Для приготовления двух- и трехкомпонентных тукосмесей применяется установка СМУ-30, производительностью 30 тонн в час.

Доставка и внесение в поле осуществляется по двум технологическим схемам – прямоточной и перегрузочной. При прямоточной – удобрения транспортируют и вносят одними и теми же техническими средствами. Для этих целей используются разбрасыватели минеральных удобрений – РМГ-4, РУМ-5, РУМ-8, РУМ-16, которые агрегируются колесными тракторами или используются разбрасыватели на базе автомобиля – КСА-3.

При перегрузочной технологической схеме удобрения от склада доставляются транспортными средствами общего назначения. Затем удобрения перегружаются в специальные машины

для внесения. Только для внесения предназначены – НРУ-0,5 (навесной центробежный разбрасыватель) и РТТ-4,2А (прицепная туковая сеялка).

Для транспортировки и внесения пылевидных известковых материалов и фосфоритной муки используются автомобильные разбрасыватели – АРУП-8 или тракторный прицепной разбрасыватель – РУП-8. Производительность их 13 и 12 га/час при дозе внесения 3,5 т/га.

При выборе той или иной схемы учитывается расстояние от склада до места внесения. Если это расстояние не превышает 4 км, то транспортировка и внесение осуществляется одними и теми же машинами. При больших расстояниях применяется перегрузочный способ доставки и внесения.

Локальное внесение удобрений осуществляется культиваторами растениепитателями, типа КРН-4,2, КРН-5,6, КРН-8,4. Производительность агрегатов 3,2, 4,1 и 8,4 га/час соответственно. Кроме того для подкормки картофеля используется культиватор-окучник КРН-4,2Г, для подкормки сахарной свеклы – УСМК – 5,4А.

Для безотвальной обработки почвы и одновременного локального внесения удобрений используется глубокорыхлитель-удобритель КПП-2,2, который размещает туки на глубину до 25 см. Производительность агрегата – 1,6 га/час.

Технология применения жидких комплексных удобрений (ЖКУ)

ЖКУ представляют собой водные растворы солей с различным содержанием питательных веществ. Они вносятся двумя способами: поверхностным и внутрипочвенным. При поверхностном ЖКУ распределяются методом разбрызгивания с последующей заделкой почвообрабатывающими орудиями. Внутрипочвенное предусматривает непосредственное внесение ЖКУ в почву.

Для поверхностного разбрызгивания используется подкормщик опрыскиватель универсальный – ПОУ, производительностью до 8,7 га/час. Универсальность этой машины заключается в том, что она в определенных условиях может использоваться и для внутрипочвенного внесения с производительностью 0,5–2,9

га/час. Кроме того используются для поверхностного внесения штанговые опрыскиватели ОПШ-15.

Для внесения ЖКУ в почву используется подкормщик жидкими удобрениями ПЖУ-5, который может применяться и для внесения аммиачной воды. Производительность агрегата – 4,3 га/час. Для внесения ЖКУ на лугах и пастбищах непосредственно в дернину служит приспособление УЛП-8, производительностью 0,8 га/час.

Технология применения жидкого безводного аммиака

Жидкий аммиак является самым концентрированным азотным удобрением. Представляет собой жидкость, которая превращается в газ при $t^{\circ} - 35^{\circ}\text{C}$, поэтому хранится он в специальных емкостях, выдерживающих высокое давление.

Безводный аммиак вносится только внутрпочвенно, для чего используют агрегат АБА-0.5 или АБА-0,5М. Этими агрегатами осуществляют подкормку пропашных культур, а также вносят аммиак при сплошной культивации почвы. Производительность машин 1,4–2,0 га/час и 1,6–2,2 га/час соответственно.

Для ленточного внесения жидкого аммиака после основной и предпосевной обработки почвы предназначен агрегат АША-2, производительностью 3,4–7,0 га/час.

Для заправки агрегатов и транспортировки жидкого аммиака используется машина ЗБА-2,6, которая может быть прицепной или на автомобильном шасси.

Технология внесения твердых органических удобрений

Для доставки удобрений с мест накопления к месту внесения используют бесперевалочный (ферма – поле) и перевалочный (ферма – бурт – поле) способы.

Бесперевалочный характеризуется тем, что удобрения от мест накопления до поля севооборота транспортируются и вносятся одними и теми же машинами.

Перевалочный – заключается в том, что удобрения транспортируются и вносятся в два этапа. Сначала их доставляют и выгружают в полевые хранилища (бурты), затем грузят в специальные машины и вносят.

В некоторых случаях применяют двухфазную технологию внесения твердых органических удобрений. Сначала навоз вывозится самосвальной техникой и распределяется по полю неболь-

шой массой. Затем удобрения разбрасываются машинами РУН-15Б, которые сначала формируют валок и затем разбрасывают удобрения роторными разбрасывателями.

Основными машинами для внесения твердых органических удобрений являются РОУ-5 и РОУ-6 грузоподъемностью 5 и 6 тонн соответственно. Для транспортировки и внесения предназначены полуприцепы-разбрасыватели ПРТ-10 и ПРТ-16.

Технология внесения жидких органических удобрений

Жидкие органические удобрения вносятся в основном поверхностным способом с последующей заделкой в почву. При этом используется несколько схем их внесения.

По первой схеме удобрения из прифермского навозохранилища загружаются в цистерны-разбрасыватели, которые доставляют на поле и распределяют их по поверхности.

По второй схеме жидкие удобрения из прифермского навозохранилища (чеки) по трубам перекачивается в полевые хранилища, из которых направляются цистерны-разбрасыватели для последующего внесения.

По третьей схеме жидкие органические удобрения из прифермского навозохранилища подаются по трубам к дождевальным установкам и распределяются по полю с поливной водой.

Для внесения жидких органических удобрений используются нижеследующие машины.

Заправщик-жижеразбрасыватель вакуумный – ЗЖВ-1,8. Предназначен для забора навозной жижи, ее транспортировки и разбрызгивания на поле. Вместимость – 1,8 м³, ширина захвата – 4–7 метров. Разбрызгиватель жидких удобрений РЖУ-3,6. Предназначен для забора, транспортировки и разлива на поверхность почвы жидкого навоза и навозной жижи. Вместимость – 3,4 м³, ширина захвата 6–8 метров. Разбрасыватель жидких органических удобрений - РЖТ-4, РЖТ-8, РЖТ-16. Предназначен для забора, транспортировки и поверхностного распределения удобрений. Вместимость машин 5, 8 и 16 м³ соответственно.

Расчет потребности в машинах для внесения удобрений

Необходимое количество машин для внесения удобрений определяется по формуле

$$N = \frac{Q}{H \cdot K \cdot D},$$

где Q – объем работ (удобряемая площадь), га;
 H – сменная норма выработки машины, га;
 K – коэффициент сменного использования машин;
 D – продолжительность внесения, дней.

Например, необходимо внести минеральные удобрения за-долго до посева под сахарную свеклу, возделываемую на площа-ди 210 гектаров. Для этого используем разбрасыватель удобрений РМГ-4, сменная выработка которого составляет 16 га. Коэффици-ент сменности принимаем за 1,5 и устанавливаем срок выполне-ния работ – 5 дней.

Требуемое число машин составит $N = \frac{210}{16 \cdot 1,5 \cdot 5} = 1,75$. Учиты-вая коэффициент надежности для внесения удобрений в течение 5 дней необходимо иметь две машины.

В разрабатываемой системе удобрения потребность различ-ных машин для внесения удобрений целесообразно отражать в виде таблицы 14.

Контрольные вопросы

1. Каковы различия в дозах удобрений, используемых для основного, припосевного внесения, проведения некорневых под-кормок и предпосевной обработки семян?
2. Что такое коэффициент использования питательных эле-ментов из почвы и как его можно определить?
3. Что такое коэффициент использования питательных эле-ментов из удобрений. Какие методы их определения вы знаете?
4. Приведите классификацию методов определения доз ми-неральных удобрений.
5. Назовите достоинства и недостатки метода определения доз удобрений, основанного на результатах полевых опытов с поправкой на плодородие почвы.
6. Перечислите балансовые расчетные методы определения доз минеральных удобрений.
7. Как учитывается плодородие почвы в методе «элементар-ного баланса», при расчете доз удобрений на плановую прибавку урожая, в методе «нормативного баланса» и при использовании

нормативов затрат удобрений на получение единицы урожая или его прибавки?

8. В каких случаях целесообразно использовать метод определения доз удобрений с использованием нормативов?

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Для обоснования разработанной системы удобрения необходима объективная оценка ее эффективности.

Химизация земледелия имеет свои специфические особенности. Это наиболее экологически опасное направление интенсификации сельского хозяйства, способное при неправильном использовании удобрений нанести огромный вред окружающей среде. При оценке эффективности их применения, как правило, не учитываются экологические последствия, что затрудняет объективность выводов об уровне их подлинной отдачи.

Мероприятия по применению удобрений в сельском хозяйстве должны быть экономически выгодны и энергетически целесообразны. Для разработок более прогрессивных, менее энергозатратных приемов и технологий применения удобрений важна комплексная их оценка с учетом агрономической, экономической и энергетической эффективности.

4.1 Экономическая эффективность применения удобрений

Анализ фактической окупаемости, оплаты и экономической эффективности применения удобрений позволяет выявить резервы их повышения в условиях сельскохозяйственного производства на разных уровнях управления: хозяйство, район, область. Экономическая эффективность минеральных и органических удобрений определяется для отдельных культур. Усредненные показатели экономической эффективности удобрений определяются в целом по отрасли растениеводства.

При определении фактической экономической эффективности отдельных культур оценивают прибавку урожая по текущим ценам. Это позволяет выявить целесообразность вложений в полученную прибавку урожая от удобрений.

Хозяйственная эффективность удобрений определяется путем сравнения производства продукции с применением удобрений и без их применения на основе следующих показателей: вы-

ход продукции на единицу примененных удобрений, производительность труда, себестоимость продукции, чистый доход и рентабельность производства. Если стоит задача, например, установить экономически обоснованные дозы применения удобрений, число показателей можно ограничить. В этом случае достаточно определить выход дополнительной продукции на единицу питательного вещества или на 1 рубль затрат, связанных с применением удобрений, а также величину чистого дохода с 1 га удобряемой площади.

При определении фактической эффективности применения удобрений в хозяйстве в основу расчетов принимают внесенное их количество под соответствующую культуру и данные статистического и бухгалтерского учета об урожайности культур, себестоимости продукции, ценах реализации, затрат труда и т. д. Наиболее устойчивые и объективные показатели эффективности применения удобрений получают при анализе данных урожаев и прибавок, доходов и издержек за четыре-пять лет и более.

Экономическую эффективность минеральных удобрений на перспективу рассчитывают на основе технологических карт возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, планируемых показателей урожайности, годовых доз внесения минеральных удобрений и прибавок урожая от их использования.

Для разработки прогрессивных технологий использования удобрений необходимо проводить их комплексную оценку с учетом агрономической, экономической и энергетической эффективности.

Агрономическая эффективность удобрений – есть результат действия их на выход основной продукции, выраженной прибавкой урожая с гектара или на единицу действующего вещества. Величина прибавки зависит от почвенно-климатических условий, вида сельскохозяйственных культур, норм и способов использования удобрений и других факторов. При этом в расчетах пользуются утвержденными нормативами, согласно которым 1 кг питательных веществ обеспечивает прибавку урожая: зерна до 6 кг; сахарной свеклы – до 35 кг; подсолнечника (зерно) – до 2,5 кг; овощей – до 25 кг; кормовых корнеплодов – до 37 кг; силосных культур – до 40 кг; сена однолетних и многолетних трав – до 12 кг (таблица 5).

Таблица 5 – Окупаемость удобрений урожаем, кг продукции на 1 кг NPK и 1 т органических удобрений

Культура	Оплата 1 кг NPK на почвах				Оплата 1 т органических удобрений
	суглинистых	супесчаных	песчаных	торфяно-болотных	
Оз. рожь	6,3	6,0	5,0	5,9	10-14
Оз. пшеница	7,2	6,0	-	6,0	12-18
Ячмень	6,5	6,2	4,5	6,0	7-12
Овес	5,7	5,4	4,5	5,8	10-12
Картофель	30	30	28	35	100
Лен	1,4	1,3	-	-	-
Сах. свекла	35	33	-	30	120

В связи с переходом хозяйств на самоокупаемость в условиях рыночных отношений возникает необходимость экономической оценки эффективности применяемых удобрений. При этом исходят не из натуральных показателей, а из сопоставления стоимости произведенной продукции с затратами на использование удобрений и выражаемой в денежном эквиваленте. Экономическая эффективность удобрений рассчитывается в нижеследующем порядке. Сначала определяется размер прибавки урожая. Он подсчитывается по формуле

$$Y_{уд} = (Y_{ф} \cdot D_{уд}) : 100,$$

где $Y_{ф}$ - фактическая урожайность, ц/га; $D_{уд}$ - доля участия удобрений во всем урожае, определенная по среднегодовым данным полевых опытов с удобрениями, (%).

Прибавку урожая можно также определить по нормативам окупаемости удобрений, а также по данным статистических отчетов. Оценивается прибавка по ценам реализации.

Затем определяются затраты на получение прибавки от минеральных удобрений (А), которые рассчитываются по формуле

$$A = A_{уд} + A_{вн} + A_{уб} + A_p + A_n.$$

где $A_{уд}$ – расходы на приобретение удобрений, руб.; $A_{вн}$ – расходы на разгрузку, подготовку, перевозку и внесение удобрений, руб.;

$A_{уб}$ – расходы на уборку, перевозку и доработку прибавки урожая, руб.; A_p – расходы на реализацию прибавки урожая, руб.; A_n – общепроизводственные и другие расходы, влияющие на себестоимость продукции, руб.

После этого определяется чистый доход от применения удобрений. Он исчисляется по формуле

$$Ч_д = (C + e) - A,$$

где C – стоимость основной продукции, полученной от применения удобрений, руб.; e – стоимость побочной продукции, руб.; A – сумма затрат на применение удобрений, руб.

Рентабельность применяемых удобрений определяется по формуле

$$P = \left(\frac{C + c}{A} - 1 \right) \cdot 100;$$

где: P – рентабельность, (%); $(C+c)$ – стоимость основной и побочной продукции, руб.; A – затраты на применение удобрений, руб.

4.2 Расчет энергетической эффективности применения удобрений

Растения – основа продуктивности сельского хозяйства, так как только в них происходит преобразование солнечной радиации в химическую энергию, участвующую в образовании органического вещества. Энергия солнца относится к нерегулируемым факторам фотосинтеза. В благоприятных условиях посевы растений способны накапливать в урожае до 4 % солнечной радиации, но КПД ФАР в настоящее время не превышает 1 %.

Наряду с использованием солнечной радиации агроценозы потребляют большое количество дополнительной технической (антропогенной) энергии в виде минеральных удобрений, химических средств защиты растений, топлива для сельскохозяйственных машин и автотранспорта, электрической энергии и других энергоносителей.

Увеличение продуктивности агроценозов за счет вложения технической энергии следует осуществлять при условии сохранения и повышения плодородия почвы за счет накопления такой энергии в гумусе. В связи с этим земледелие является одновременно крупным потребителем энергии и производителем наиболее ценной для человека химической энергии, накапливаемой в продуктах питания и органическом сырье. В земледелии можно выделить как затраченную энергию, так и полученную в одних и тех же единицах (Джоулях, калориях). Это позволяет количественно оценить все сельскохозяйственные продукты с энергетической точки зрения.

Основной задачей энергетического анализа в земледелии является оценка затрат различных видов энергии. Вложения ее в процессе получения растительного продукта разделяются на естественные и дополнительные. Естественные – это солнечная радиация, дополнительные – антропогенная энергия, которая является невозобновляемой.

Энергетическая эффективность удобрений представляется в виде отношения энергии, накопленной в прибавке урожая к энергозатратам на использование туков, включая затраты на их производство.

При расчетах энергетической эффективности сначала определяется прибавка урожая за счет использования удобрений.

Таблица 6 – Содержание энергии (l) и коэффициент перевода продукции в сухое вещество, ед. (R_i)

№ п/п	Культура	Коэффициент перевода продукции в сухое вещество (R_i)	Содержание* общей энергии в 1 кг сухого вещества (l), МДж	Содержание общей энергии в 1 кг урожая в натуре ($R_i \cdot l$), МДж
1	2	3	4	5
1	Пшеница озимая (зерно)	0,86	19,13	16,45
2	Пшеница яровая мягкая (зерно)	0,86	19,31	16,61
3	Пшеница яровая твердая (зерно)	0,86	19,49	16,76
4	Рожь (зерно)	0,86	19,49	16,76
5	Ячмень (зерно)	0,86	19,13	16,45

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5
6	Овес (зерно)	0,86	18,80	16,17
7	Просо (зерно)	0,86	19,70	16,94
8	Гречиха (зерно)	0,86	19,38	16,67
9	Рис (зерно)	0,86	18,59	15,99
10	Фасоль (зерно)	0,86	20,68	17,78
11	Горох (зерно)	0,86	20,57	17,69
12	Сорго (зерно)	0,86	18,34	15,77
13	Кукуруза (зерно)	0,86	17,60	15,14
14	Кукуруза (зеленая масса)	0,25	16,39	4,10
15	Хлопчатник (волокно)	0,76	19,81	15,00
16	Хлопчатник (семена)	0,86	21,00	18,06
17	Лен-долгунец (волокно)	0,89	20,24	18,01
18	Лен-долгунец (семена)	0,88	23,50	20,68
19	Сахарная свекла	0,14	18,26	2,56
20	Подсолнечник (семена)	0,92	19,38	17,83
21	Подсолнечник (зеленая масса)	0,25	16,80	4,20
22	Соя (зерно)	0,88	20,57	18,10
23	Картофель	0,20	18,29	3,66
24	Бахчевые	0,11	14,90	1,64
25	Овощные	0,10	14,36	1,44
26	Кормовые корнеплоды	0,25	16,39	4,10
27	Многолетние травы (сено)	0,20	18,91	3,78
28	Люцерна на сено	0,25	21,83	5,46
29	Однолетние травы на сено	0,20	16,39	3,28
30	Лугопастбищные травы (в пересчете на сено)	0,20	16,19	3,24
31	Зернофуражные культуры на зеленый корм (в пересчёте на сено)	0,30	15,40	4,62
32	Табак (махорка)	0,45	20,20	9,09
33	Конопля (волокно)	0,90	19,60	17,64
34	Конопля (семена)	0,88	21,00	18,48

* Приводится по условной стандартной влажности на основании государственных стандартов на качество продукции (технические требования).

В нашем примере прибавка урожая от применения минеральных удобрений составит: по озимой пшенице $(N_{127}+P_{54}) \cdot 4 = 7,2$ ц/га; по сахарной свекле $(N_{170}+P_{135}+K_{217}) \cdot 30 = 156,6$ ц/га; ячменю $(N_{46}+P_{18}) \cdot 4 = 2,6$ ц/га.

Окупаемость навоза рассчитывается умножением нормы внесенного навоза на отдачу продукцией от 1 тонны: по озимой пшенице – $21 \text{ т} \cdot 10 \text{ кг} = 2,1 \text{ ц/га}$; по сахарной свекле – $21 \text{ т} \cdot 120 \text{ кг} = 25,2 \text{ ц/га}$; по ячменю – $21 \text{ т} \cdot 9 \text{ кг} = 1,9 \text{ ц/га}$. Суммарная прибавка урожая от органических и минеральных удобрений составит: по озимой пшенице $9,3 \text{ ц/га}$, по сахарной свекле – $181,8 \text{ ц/га}$, по ячменю – $4,5 \text{ ц/га}$. Содержание энергии, накапливаемой в прибавке урожая, определяется по формуле:

$$V_{fo} = Y_n \cdot R_i \cdot l \cdot 100,$$

где V_{fo} – содержание энергии в прибавке, МДж/га; Y_n – прибавка урожая, ц/га; R_i – коэффициент перевода продукции в сухое вещество; l – содержание энергии в 1 кг сухого вещества МДж.

Таблица 7 – Энергозатраты на производство промышленных минеральных и местных удобрений

Виды удобрений	Энергозатраты, МДЖ/кг д.в.
Промышленные минеральные удобрения	
Азотные	86,80
Фосфорные	12,60
Калийные	8,30
Комплексные (нитроаммофоска и т. п.)	51,50
Местные удобрения	
Навоз (80 % влажности) на 1 кг	0,42
Торфо-навозные компосты (60 % влажности) на 1 кг	1,70
Известковые удобрения	3,80
Местные минеральные удобрения	2,90

В нашем примере прибавка урожая содержит: по озимой пшенице – $9,3 \text{ ц/га} \cdot 0,86 \cdot 19,13 \cdot 100 = 15300 \text{ МДж/га}$; по сахарной свекле – $181,8 \text{ ц/га} \cdot 0,14 \cdot 18,26 \cdot 100 = 46475 \text{ МДж/га}$; по ячменю – $4,5 \cdot 0,86 \cdot 19,13 \cdot 100 = 7403 \text{ МДж/га}$.

Затем определяют затраты на использование удобрений. При этом 1 кг д.в. оценивается следующим количеством затра-

ченной энергии, МДж: 1 кг азотных – 86,8; 1 кг фосфорных – 12,6; калийных – 8,3; навоза – 0,42.

Энергозатраты на применение удобрений определяются по формуле:

$$A_0 = (H_N \cdot a_n) + (H_P \cdot a_p) + (H_K \cdot a_k),$$

где A_0 – энергозатраты, МДж; H_N, H_P, H_K – норма внесения азота, фосфора и калия, кг/га; a_n, a_p, a_k – энергозатраты на применение удобрений, МДж (таблица 19).

В нашем примере энергозатраты составят, МДж: а) для озимой пшеницы по азоту – $(127 \text{ кг} \cdot 86,8) = 11023,6$; по фосфору – $(54 \text{ кг} \cdot 12,6) = 680,4$; б) для сахарной свеклы по азоту – $(170 \text{ кг} \cdot 86,8) = 14756$; по фосфору – $(135 \text{ кг} \cdot 12,6) = 1701$; по калию – $(217 \text{ кг} \cdot 8,3) = 1801,1$; в) для ячменя по азоту – $(46 \text{ кг} \cdot 86,8) = 3992,8$; по фосфору – $(18 \text{ кг} \cdot 12,6) = 226,8$.

Затраты на применение навоза распределяются равномерно на три культуры севооборота $(21000 \text{ кг} \cdot 0,42) = 8820 : 3 = 2940$ МДж/га.

Коэффициент энергетической эффективности применяемых удобрений вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{V_{f0}}{A_0},$$

где η – коэффициент энергетической эффективности; V_{f0} – количество энергии, накопленной в прибавке урожая, МДж/га; A_0 – энергетические затраты на применение удобрений, МДж/га.

В нашем примере коэффициент энергетической эффективности составит: для озимой пшеницы – $\frac{15300}{14644} = 1,04$; для сахарной свеклы – $\frac{46475}{21198,1} = 2,15$; для ячменя – $\frac{7403}{7159,6} = 1,03$.

Применение удобрений считается энергетически эффективным, если коэффициент более единицы.

К расчетной части системы удобрения дается пояснительная записка, в которой отражаются биологические особенности культур, требования их к почве, а также описывается разработанная система удобрения.

Контрольные вопросы

1. Как определяется размер прибавки урожая при применении удобрений?
2. Перечислите затраты на получение прибавки урожая от минеральных удобрений.
3. Как определить чистый доход от применения минеральных удобрений?
4. От чего зависит рентабельность применения удобрений?
5. Как изменяется себестоимость единицы продукции в результате применения удобрений?
6. Как рассчитать количество энергии, накопленной в основной сельскохозяйственной продукции, полученной от применения минеральных удобрений?
7. От чего зависит энергетическая эффективность (энергоотдача или биоэнергетический КПД) применения минеральных удобрений?

5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В настоящее время все более очевидной становится необходимостью адаптации систем земледелия и агротехнологии к разным уровням интенсификации производства, хозяйственным укладам, к рынку сельскохозяйственной продукции. Речь идет об оптимизации хозяйственной деятельности по экологическим признакам. Это означает не только и не столько проведение природовосстановительных и природоохранных мероприятий, сколько приведение производственных процессов в соответствие с законами экологии.

Для этого в первую очередь необходима агроэкологическая оценка земель. Она осуществляется в соответствии с биологическими требованиями сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, их средообразующим влиянием и агротехнологиями.

Особое место занимает учет требований растений к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию – отношению к гранулометрическому составу, скелетности и плотности почв; реакции среды (pH_{KCl}), чувствительности к содержанию подвижных форм алюминия и магния; к устойчивости растений к загрязнению тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами.

Среди закономерностей почв и сельскохозяйственных культур выделяются удобрения.

Основными причинами, приводящими к загрязнению природы удобрениями, являются следующие:

- несовершенство технологии транспортировки, хранения, получения тукосмесей и внесения удобрений;
- нарушение агрономической технологии применения их в севообороте и под отдельные культуры;
- водная и ветровая (дефляция) эрозия почв;
- несовершенство качества удобрений;
- интенсивное использование промышленных, городских и бытовых отходов на удобрение без надлежащего контроля над их химическим составом.

Недостаток и избыток удобрений одинаково вреден. Недостаток приводит к истощению почвы, снижению урожайности, ухудшению его качества, избыток может привести к загрязнению почв, воды, продукции, атмосферы, отразиться на здоровье человека.

Крайне ограниченное применение удобрений в последние 15 лет выявило еще один отрицательный момент: усиление процессов минерализации органического вещества почвы и поступление в почвенный раствор ранее удерживаемых гумусом ксенобиотиков.

В природе трудно найти ландшафты, где почва, вода и выращиваемая продукция имели бы оптимальное соотношение всех химических элементов в соответствии с требованиями живого организма. Не случайно существуют биогеохимические провинции с большей частотой возникновения тех или иных заболеваний. Особенности почвенного покрова сказываются на развитии растений.

Наибольшее влияние на природную среду в зависимости от культуры, почвы, погодных и других условий из внесенных удобрений 30–60 % потребляется растениями, 15–30 – аккумулируется в почве, 10–30 – теряется при денитрификации в виде газообразных продуктов, 1–5 % вымывается из почвы. Минимальные потери азота в результате инфильтрации (вымывания) могут составлять (% от внесенного количества): на тяжелосуглинистых почвах – 0–0,5; среднесуглинистых – 0,5–1,0; супесчаных – 2–5, песчаных – 5–8 (в среднем 1–5 %). При этом доля азотных удобрений в общих потерях его от вымывания составляет 10–15 %, остальные 90–95 % потерь представлены азотом почвы.

Способность почв удерживать питательные элементы всегда ограничена (песок < суглинки < глины). Установлено, что при внесении азота в дозах, превышающих потребность в нем растений, он накапливается на глубине 2,0–2,5 м, а на глубине 3 м – его содержание незначительно и одинаково, независимо от дозы. Если в этих слоях высокое содержание глины – аккумуляция азота отмечается выше, чем в почвах, сформированных на лессе. На пик накопления нитратного азота по горизонтам почвенного профиля влияет и количество осадков.

Существует также зависимость между количественными потерями азота за счет вымывания и видом сельскохозяйственных культур. По снижению потерь их можно расположить в следую-

щий ряд: овощные > кормовые корнеплоды > зерновые > кормовые травы.

Потери азота могут происходить в следующих случаях:

- при поверхностном внесении мочевины (после ее биологического гидролиза азот теряется в виде аммиака);

- при неглубокой заделке аммиачных форм азотных удобрений (аммиак выделяется в надпочвенный слой воздуха);

- при совместном внесении щелочных удобрений с аммонийными формами азотных удобрений (происходит выделение аммиака);

- при эрозии вместе с потоком смываемой почвы. Возможно и загрязнение атмосферы образующимися при аммонификации и, особенно, денитрификации газообразными соединениями азота: аммиаком, оксидом и диоксидом азота. Считается, что закись азота реагирует с озоном и разрушает озоновый экран, что приводит к прорыву губительных для жизни ультрафиолетовых лучей в тропосферу и биосферу. И все же наибольшую опасность представляют потери азота в виде $N-NO_3$.

Сами нитраты не представляют опасности для организма человека и животных. Гораздо более опасны (в 10–20 раз) образующиеся в организме из нитратов нитриты и нитрозоамины. Организм способен нейтрализовать не более 300 мг нитратов в день, не давая им возможности превратиться в нитриты и нитрозоамины.

Избыточное количество нитратов, поступивших в организм, под действием ферментативной деятельности пищеварительной системы превращается в нитриты, которые легко проникают в кровь и инактивируют гемоглобин, превращая его в метгемоглобин, который не может доставлять кислород к тканям организма. Человек заболевает метгемоглобинемией (синюшность), первые признаки которой по обобщенным данным медицинских исследований появляются при содержании в крови порядка 7 % метгемоглобина, легкая форма болезни наблюдается при 10–20 %, тяжелая – при более 40 %. При 80 %-м замещении гемоглобина на метгемоглобин наступает смерть от удушья.

При отравлении нитритами сильно страдает центральная нервная система, повышается активность и частота сердцебиения, дыхания, повышается содержание молочной кислоты, холестерина, лейкоцитов в крови. Особенно остро реагирует на поступле-

ние нитритов молодой организм. Например, у молодых животных наблюдается замедление роста и полового созревания. Если содержание нитритов в молоке коров превышает 4 мг/кг, наблюдается падеж телят, питающихся этим молоком. У взрослых животных нитриты могут быть причиной самоабортирования.

Нитриты могут взаимодействовать с аминами и аминокислотами, образуя нитрозоамины – канцерогенные вещества.

Основными источниками нитратов для человека являются питьевая вода, овощные культуры, молоко, мясо, соки. В среднем на овощи приходится 70–80 % нитратов, на питьевую воду – 10–15, остальные 5–20 % – на мясопродукты, молоко, фрукты, соки. При отношении в продуктах питания витамина С к нитратам 2 : 1 реакция нитрозирования в организме резко замедляется или не протекает. Протекторным в этом отношении действием обладают и пектиновые вещества. Поэтому нитраты, содержащиеся в воде гораздо более опасны, чем в овощах и фруктах. ПДК N-NO₃ в воде хозяйственно-питьевого назначения и культурно-бытового водопользования составляет 10,0 мг/л.

Загрязнение почвенных вод нитратами может происходить при использовании высоких доз минеральных азотных удобрений, особенно нитратных, при проведении весенних подкормок озимых зерновых, и многолетних трав «по черепку», при интенсивной минерализации органического вещества почвы и органических удобрений, при интенсивном орошении.

Разные культуры и сорта накапливают неодинаковое количество нитратов. Больше их аккумулируют культуры с незавершенным циклом развития с локализацией, главным образом, в транспортирующих питательные вещества частях и органах (корнях, стеблях, черешках, жилках). Такая локализация связана с разной скоростью транспортных и синтетических процессов в органах растений.

Овощные культуры можно расположить в следующий ряд в порядке уменьшения степени накопления нитратов: шпинат, салат, свекла, капуста, укроп, сельдерей, щавель, петрушка, горчица, редис, морковь, редька, лук, репа, брюква, тыква, картофель, патиссоны, арбузы, дыни, кабачки, огурцы, баклажаны, фасоль, чеснок, перец, томаты, горошек.

Сорта, родиной которых являются северные и средние широты, накапливают больше нитратов, чем сорта южного происхождения; более опасны тепличные овощи, чем овощи открытого грунта, из-за меньшей освещенности.

Различные части овощей содержат неодинаковое количество нитратов. В кожуре клубней картофеля их больше, чем в середине; в кочерыжке капусты их в несколько раз больше, чем в листьях; в сердцевине моркови, мякоти огурца, кабачка – больше, чем в поверхностных слоях. Это необходимо учитывать при приготовлении овощных блюд. На 25–30 % снижает содержание нитратов в клубнях картофеля, в моркови, столовой свекле, капусте выдерживание их в воде в течение одного часа. При варке картофеля в отвар переходит до 80 % нитратов, моркови и капусты – 70, столовой свеклы – до 40 %. Нежелательно варить овощи в алюминиевой посуде, так как алюминий способствует переходу нитратов в нитриты. Снижает содержание нитратов хранение картофеля, квашение капусты, соление огурцов и других овощей. Свеженарезанные зеленые овощи (салат, петрушку, укроп) следует немедленно употреблять, так как в измельченном виде в них образуются нитрозоамины.

Содержание нитратов в овощной продукции нормируется. Предельно допустимые концентрации (ПДК) нитратов для овощей и фруктов следующие (мг/кг сырого продукта):

- открытый грунт: картофель – 250, капуста белокочанная – 500, кабачки, лук-перо – 600, лук-репка – 80, томаты, огурцы – 150, морковь поздняя – 250, свекла столовая – 1400, яблоки, груши – 50, арбузы – 60, дыни – 90, перец сладкий – 200, виноград – 60, листовые овощи – 2000;

- овощи защищенного грунта: томаты – 300, огурцы – 400, салат, щавель, укроп, петрушка – 3000, лук-перо – 800.

Установлены также ограничения содержания нитратов и нитритов в кормах для животных. Предельно допустимая концентрация нитратов в силосе и сенаже – 500 мг, сене – 1000, зернофураже – 300, в кормовой свекле – 2000 мг/кг. Предельное содержание нитритов в кормах составляет 5–10 мг/кг.

Основная причина избыточного накопления нитратов в растениях обусловлена хозяйственной деятельностью человека – создание соответствующих условий минерального питания расте-

ний: состав и количество азотных удобрений, несбалансированность их с другими элементами минерального питания. Полная замена минеральных удобрений органическими, особенно бесподстилочным навозом, приводит к более высокому содержанию нитратов в продукции, чем использование минеральных удобрений.

На плодородных почвах растения могут накапливать нитраты и без внесения азотных удобрений.

На содержание нитратов в продукции влияют не только азотные удобрения, но и режим освещенности, температура почвы и воздуха, количество и частота осадков, засуха и застойное переувлажнение, уплотнение почвы, ее слабая биологическая активность и другие факторы, которые, порой, трудно регулировать. Например, одни и те же дозы азотных удобрений могут быть слишком высокими в условиях холодного и пасмурного лета и не вызывать отрицательных последствий в год с большим количеством солнечных дней.

К регулируемым факторам, влияющим на накопление нитратов в растениях, относится обеспеченность растений фосфором, калием, и микроэлементами.

Установлено участие молибдена, кобальта, бора, марганца, железа и серы в ассимиляции нитратов и снижении их накопления в урожае.

Важнейшие условия повышения коэффициента использования растениями питательных элементов из удобрений, снижения непроизводительных потерь их в окружающую среду и получения качественной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям по содержанию нитратов, сводятся к следующему:

- известкование кислых почв;
- применение азотных удобрений в соответствии с содержанием минерального азота в почве, минерализующей способностью почвы и данными растительной диагностики питания;
- преимущественное использование локальных способов внесения удобрений;
- дробное внесение азотных удобрений (последнюю подкормку азотом следует проводить за 4–6 недель до уборки уро-

жая, а на посевах культур, используемых в свежем виде – морковь, петрушка и другие – их не проводить вовсе);

- не допускать внесения разовых завышенных доз азотных удобрений;

- на засоренных участках азотные удобрения следует применять только в сочетании со средствами уничтожения сорняков;

- соблюдение правильного соотношения всех элементов питания для данной культуры;

- использование ингибиторов нитрификации.

Фосфорные удобрения из-за слабой подвижности в почве гораздо в меньшей степени теряются в окружающую среду, чем азотные. По данным ВИУА, потери фосфора из удобрений составляют до 10 кг/га, в основном, за счет поверхностного смыва почвы. Внутрипочвенная миграция фосфора составляет ничтожную величину – до 1 кг/га P_2O_5 в год.

С эмиссией фосфора в окружающую среду связывают эвтрофирование водоемов. В расчете на 1 кг поступившего в водоем фосфора (P_2O_5) образуется 100 кг фитопланктона (В.Г. Минеев, 2004).

Для человека обогащение природных вод фосфором не опасно, если в пище отношение кальция к фосфору составляет 1 : 1 или 1 : 1,5 (по данным ФАО).

Избыток фосфора в почве может вызывать у растений мутации. По данным А.Ю. Кудеяровой (1995), увеличение содержания общего фосфора в кислых почвах примерно на 10–15 % относительно природных запасов соответствует предельному уровню нагрузки их водорастворимыми фосфатами, превышение которой может повлечь изменение направленности обмена веществ в растениях в смену почвенного микробиоценоза.

Вторым аспектом, связанным с использованием фосфорных удобрений, является вовлечение в круговорот с добываемыми фосфатными рудами фтора, стронция, кадмия и других тяжелых металлов (ТМ). С 1 т добываемого фосфора (P_2O_5) человек вводит в круговорот до 160 кг фтора, 30–40 – стронция, 20–25 кг оксидов урана, тория и другие элементы. Из сырья токсичные элементы попадают в удобрения, а затем в почву.

Так, в удобрения переходит 50–80 % фтора, который при попадании в растения оказывает отрицательное влияние на фотосин-

тез, нарушает деятельность ряда ферментов (энолазы, фосфоглюкомутаза, фосфатазы). Накапливаясь в продуктах питания и кормах, он отрицательно влияет на здоровье человека и животных.

По данным М.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой (1985), с 1 т вносимого с минеральными удобрениями фосфора (5 т простого суперфосфата) в почву попадает 20 г меди, 100 г свинца, 300 г мышьяка.

Тяжелые металлы. Попадая в почву, ТМ усиливают минерализацию органического вещества, вызывая негативные изменения в почвенно-поглощающем комплексе вследствие замещения кальция и магния другими элементами. При этом снижается ферментативная активность почвы, так как подавляется жизнеспособность полезных микроорганизмов, активность многих ферментов, увеличивается численность грибов. Это снижает способность почвы к самоочищению. Проникая в растения, ТМ могут активно участвовать в метаболических процессах. В результате происходят изменения в направленности физиолого-биохимических процессов и реализации генетической программы растений, нарушаются естественно сложившиеся фитоценозы. Попадая по пищевым цепям в организм человека и животных, ТМ вызывают различные заболевания: сердечно-сосудистые расстройства, тяжелые формы аллергии, они обладают эмбриотропным (повреждение зародыша) и канцерогенным (вызывающим образование злокачественных опухолей) действием.

Тяжелые металлы – генетические яды – относят к группе особо опасных загрязнителей объектов окружающей среды. Аккумулируются в организме с отдаленным эффектом действия, проявляющимся в наследственных заболеваниях, умственных расстройствах и др. Среди ТМ наиболее опасными являются кадмий, ртуть, свинец.

Кадмий вызывает разрушение эритроцитов, нарушение работы почек, кишечника, размягчение костной ткани и другую патологию. Он обладает мутагенным и канцерогенным действием и представляет генетическую опасность. К лицам повышенного риска в отношении отравления кадмием относят женщин 40 лет и старше, кормящих матерей, детей грудного и младшего возраста, людей с нарушением фосфорно-кальциевого обмена и заболеванием печени и почек.

Основными источниками поступления кадмия в окружающую среду являются промышленные выбросы, сточные воды, фосфорные и известковые удобрения, выбросы автотранспорта. Около 45 % общего загрязнения этим элементом приходится на выплавку кадмия из руд, 52 % попадает в атмосферу в результате сжигания или переработки изделий, содержащих кадмий (Соколов, Черников, 1999). Хотя на долю фосфорных удобрений приходится мизерная часть общей эмиссии кадмия в окружающую среду, при неграмотном использовании удобрений локальный уровень загрязнения может быть ощутимым.

По нормативам ФАО, ежедневное поступление кадмия в органы человека не должно превышать 0,07 мг/кг его массы, ПДК кадмия в воде составляет 0,01 мг/л, в почве – 1–5 мг/кг воздушно-сухой почвы. Содержание кадмия в почве на уровне 5 мг/кг (ПДК – 1 мг/кг) наполовину снижает продуктивность сельскохозяйственных культур, а период полувыведения из почвы составляет около 1100 лет (Соколов, Черников, 1999). По другим оценкам (Шильников с сотр., 1998), очищение почвы от загрязнения кадмием в естественных условиях может продолжаться около 200 лет.

Количество кадмия в фосфорных удобрениях в значительной степени зависит от содержания его в исходном сырье и технологии производства удобрений. По разным источникам, содержание кадмия в фосфорных удобрениях колеблется от 1 до 200 мг/кг, содержание его в фосфоритах различно – в австралийских – 4–109 мг/кг, северо-африканских – 3–130, встречаются фосфориты с содержанием его до 980 мг/кг (Rothbaum et. al., 1986). Удобрения, содержащие более 8 мг/кг кадмия, считаются потенциальными загрязнителями.

Так как кадмий в фосфорных удобрениях присутствует, в основном, в подвижном состоянии, он легкодоступен возделываемым культурам. Этим объясняется небольшое повышение содержания его в почве при существенном повышении – в растениях. В почву вносится в год в 2–3 раза больше кадмия, чем потребляется растениями. При длительном постоянном применении фосфорных удобрений может сложиться ситуация опасного накопления кадмия в почвах. Правильный выбор форм минеральных удобрений, выращиваемых культур и сортов позволяет избежать этого.

Загрязнение почвы происходит не только кадмием, но и другими токсическими элементами и не только при использовании минеральных удобрений. Например, навоз также является источником накопления в почве ТМ. По данным В.А. Поповой (1991), в нем содержится, в среднем (мг/кг сухой массы): кадмия – 0,2, свинца – 4, цинка – 112, меди – 22, никеля – 7,2.

Особую опасность с точки зрения загрязнения почв тяжелыми металлами представляют применяемые на удобрение отходы промышленности, осадки сточных вод (ОСВ), фосфогипс, сапропель и другие материалы.

Например, пиритные огарки, рекомендуемые в качестве медьсодержащего удобрения, в своем составе содержат 40–63 % железа, 1–2 – серы, 0,33–0,47 – меди, 0,42–1,35 – цинка, 0,32–0,58 – свинца, 0,10–0,15 % мышьяка и другие металлы. Средний химический состав фосфогипса из апатитового концентрата следующий (%): Са – 28,3; SO₃ – 55,5; P₂O₅ – 1,5; Sr – 1,8–2,0 (Минеев, 2004).

В последние годы ведутся широкие исследования по использованию широко распространенных в нашей стране сапропелей в качестве органического вещества и известкового удобрения. С ними, однако, возможно попадание в почву ТМ и токсических соединений. В связи с этим, прежде чем использовать сапропели в качестве удобрения, необходимо тщательное изучение их состава и установление допустимых количеств содержания тяжелых металлов и токсических соединений.

Все приемы по снижению опасности техногенного загрязнения почв ТМ можно разделить на две группы: агромелиоративные и биологические.

Приемами, направленными на удаление ТМ из корнеобитаемого слоя или на перевод их в трудноусвояемое для растений состояние являются известкование, обогащение почвы органическим веществом, фосфатами, использование различных сорбентов (например, клиноптилолитсодержащих туфов, цеолитов).

Из биологических приемов можно практиковать:

- подбор растений с низкими коэффициентами биологического поглощения ТМ (технические или зерновые злаковые культуры);

- выращивание растений-концентраторов для извлечения ТМ из почвы на сильно загрязненных полях, прежде всего, технических культур – льна, конопли, клещевины, картофеля (для получения спирта, крахмала), сахарной свеклы (для получения сахара), эфиромасличных культур (для получения растительных масел и сырья для парфюмерной промышленности) и лекарственных растений. В отдельных случаях можно выращивать семенники овощных и кормовых культур, а также те культуры, от которых в пищу используют органы (части), слабо накапливающие ТМ (картофель, томаты, бахчевые культуры). На загрязненных ТМ полях нельзя выращивать овощные и кормовые культуры, используемые для производства продуктов питания и на корм скоту;

- адаптивную селекцию, направленную на выведение сортов с низким уровнем поглощения тяжелых металлов;

- использование эффекта «биологического разбавления массой» (суть его состоит в том, что с повышением урожайности, как правило, снижается относительное содержание ТМ в растительной массе);

- использование загрязненных почв для лесопосадок и выращивания декоративных растений.

По данным Л.Г. Бондарева (1976), на почвах, загрязненных ТМ, урожайность зерновых ниже на 20–30 %, сахарной свеклы – на 35, бобовых – на 40, картофеля – на 47 %, чем на незагрязненных почвах.

Калийные удобрения при внесении в оптимальных дозах не оказывают отрицательного влияния на окружающую среду, так как калий обменно поглощается почвенными коллоидами, хорошо усваивается растениями, слабо мигрирует по почвенному профилю.

Калий повышает качество урожая, устойчивость растений к болезням, полеганию. Для кормовых трав важным показателем является содержание K_2O в урожае: по данным ВНИИ кормов, оно не должно превышать 3,5%. Высокие дозы калийных удобрений ухудшают соотношение калия к сумме кальция и магния. При отношении $K : (Ca+Mg) > 2,2-2,4$ и $K : Na > 6$ возрастает частота заболевания животных гипوماгнезией. Оптимальным является отношение $K : (Ca+Mg) < 1,4$, а $K : Na = 5$.

С калийными удобрениями в почву попадает много хлора, который легко вымывается и накапливается в водоемах, что может сделать воду не пригодной для питья. Этот процесс особенно выражен на легких почвах. С 1 т КСl в почву попадает 350 кг хлора, примерно 10 кг которого, по обобщенным данным, усваивается растениями, а остальное количество – вымывается.

Калийные удобрения имеют важное экологическое значение на радиоактивно загрязненных территориях, так как они снижают поступление радионуклида ^{137}Cs в растения.

Значительный ущерб среде наносит бессистемное использование бесподстилочного навоза, навозных стоков и других отходов животноводства.

Таким образом, удобрения, являясь основой повышения урожайности и качества продукции, при неграмотном использовании способны нарушать экологическое равновесие природных систем. Отсюда особенно важным является овладение всем объемом знаний о научнообоснованном использовании удобрений, а также изучение, оценка и прогноз состояния компонентов окружающей среды (почвы, растений, атмосферы, воды, животных, человека) в связи с хозяйственной деятельностью человека.

Контрольные вопросы

1. Перечислите экологические проблемы, вызванные неправильным применением удобрений.
2. Назовите причины, приводящие к загрязнению окружающей среды при работе с удобрениями.
3. Каковы могут быть последствия неграмотного применения удобрений?
4. В чем выражается опасность загрязнения окружающей среды азотными удобрениями?
5. Чем опасны для человека нитраты и нитриты? Каков их безопасный уровень?
6. Что способствует накоплению нитратов в растениях?
7. Каков допустимый уровень содержания нитратов в растениеводческой продукции и воде?
8. Как можно снизить поступление нитратов в растения?

9. С помощью каких приемов можно снизить содержание нитратов в уже готовой продукции?
10. Что является причиной эвтрофикации водоемов?
11. Назовите источники загрязнения почвы и продукции тяжелыми металлами.
12. Какие тяжелые металлы присутствуют в удобрениях?
13. Как можно снизить поступление тяжелых металлов в растения?
14. Какие удобрения содержат хлор и фтор и как эти элементы влияют на растения?
15. Как сказывается на животных высокое содержание калия в пастбищном корме? Какие ограничения по его содержанию в сене вы знаете?
16. При каких нарушениях технологии использования органических удобрений появляется угроза загрязнения окружающей среды?
17. Какие пути снижения агрогенной нагрузки на окружающую среду вы знаете?

6 УДОБРЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

6.1 Озимые зерновые культуры

В лесостепном Среднем Поволжье выращиваются озимая рожь, тритикале и озимая пшеница.

Озимая пшеница и озимая тритикале возделываются на лесных плодородных почвах: черноземах и темно-серых лесных почвах средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Это связано с их биологическими особенностями. Эти культуры имеют относительно слаборазвитую корневую систему, невысокую усваивающую способность корней и высокую чувствительность к кислотности почв. Реакция почвенного раствора для них близкая к нейтральной (рН 6,0–6,5).

У этих культур высокая потребность в элементах питания. В расчете на 1 т зерна с соответствующим количеством соломы они выносят 32–40 кг азота, 10–15 кг фосфора и 22–30 кг калия. Основная масса питательных веществ в растения пшеницы и тритикале поступает до колошения-цветения (таблица 8).

Таблица 8 – Динамика поглощения питательных веществ озимыми зерновыми культурами, проц. от максимального выноса с урожаем (Ягодин, 1989)

Фаза развития	Озимая пшеница			Озимая рожь		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение	32	20	23	56	49	63
Выход в трубку	56	37	78	76	58	82
Цветение	85	79	100	93	78	99
Восковая спелость	100	100	84	100	100	100

Наибольшая потребность в азоте определяется у них в период кущения (как осенью, так и весной); фосфора – в период прорастания семян – всходы, а также от выхода в трубку до цветения; калия – в период осеннего кущения и от выхода в трубку до цветения.

Наиболее ответственными в питании озимых зерновых культур являются периоды от всходов до ухода посевов в зиму, а также весной в начале возобновления вегетации, поэтому важно

обеспечить растения в это время необходимым количеством всех элементов и, в первую очередь, фосфором и калием. Фосфор стимулирует развитие корневой системы, калий вместе с азотом способствует хорошему кущению. При достаточном фосфорном и калийном питании растения укрепляются, накапливают большое количество сахара, что важно для хорошей перезимовки.

Система удобрения озимых зерновых складывается из допосевного (основного), рядкового внесения удобрений и подкормок (рисунок 4).

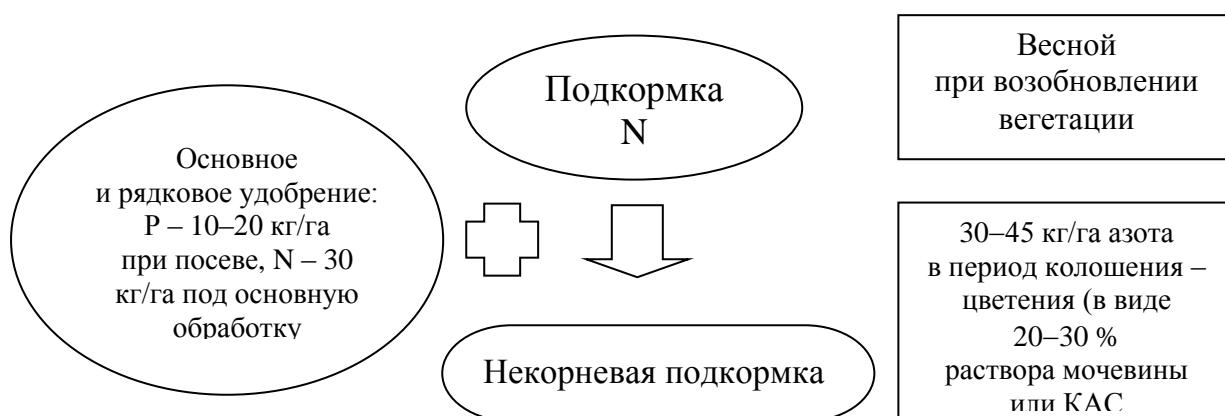


Рисунок 4 – Примерная схема удобрения озимых зерновых культур

Дозы удобрений рассчитывают балансовым методом или по нормативным затратам на единицу продукции, с учетом содержания доступных форм элементов питания пшеницы или тритикале и поправочных коэффициентов.

Фосфорные и калийные удобрения вносят до посева в основную обработку почвы. Внесение фосфора под основную обработку почвы создает определенный запас его к фазе колошения, который впоследствии используется для формирования урожая. Недостаток фосфора в раннем возрасте растений не может быть компенсирован усилением фосфорного питания в поздние фазы и вызывает недостаток урожая. Фосфор в почве малоподвижен, и в начальный период роста очень важно обеспечить растения водорастворимыми фосфорными удобрениями, разместив их в зоне развития корневой системы. Обязательным приемом должно быть припосевное внесение фосфора в дозе 10–20 кг/га д. в.

При недостатке фосфора растения отстают в росте и развитии, нижние листья приобретают пурпурно-фиолетовый оттенок, скручиваются и преждевременно засыхают, созревание зерна за-

держивается, снижается урожай и ухудшается его качество. Избыточное фосфорное питание приводит к накоплению в растениях минеральных соединений фосфора, что вызывает ускорение развития, раннее отмирание листьев, быстрое созревание и вследствие этого снижение урожая. Подкормки фосфорными удобрениями нецелесообразны, т. к. они в условиях Поволжья неэффективны.

Основное количество калия поступает в растения озимой пшеницы до цветения колоса. С возрастом относительное содержание этого элемента в растении уменьшается. Калий активизирует работу ряда ферментов, с участием которых синтезируются белковые вещества, накапливаются сахара. Он повышает холодостойкость и устойчивость растений к грибным заболеваниям (корневым гнилям, ржавчине), благоприятствует образованию более прочной соломины, усиливает отток углеводов из вегетативных частей к колосу, вследствие чего повышается крупность и выполненность зерна. Достаточная обеспеченность калием ослабляет негативное действие избыточного азотного питания, повышая прочность стеблей озимой пшеницы и их устойчивость против полегания, препятствует слишком раннему созреванию при излишках фосфора.

При размещении озимой пшеницы и тритикале по чистому пару следует вносить органические удобрения в количестве 20–30 т/га в навозном эквиваленте. Внесение органических удобрений, особенно навоза, способствует успешной перезимовке озимых культур.

Лучшими сидеральными культурами под озимые в условиях лесостепного Поволжья являются: донник, клевер, смеси донника желтого (2 млн. всхожих семян на 1 га) с озимой сурепицей (1,0 млн.) или вики мохнатой (1,0 млн.) с озимой сурепицей (1,0 млн.).

Лучшей формой минеральных удобрений под озимые зерновые культуры в основном внесение является комплексное удобрение в соотношении $N:P:K = 0,5:1,0 :1,5$. При отсутствии комплексного удобрения наиболее эффективны аммофос, диаммофос и хлористый калий.

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

Необходимость внесения азота с осени определяется рядом факторов. Часть дозы азота (20–30 кг/га) вносится под озимые с осени при размещении их после небобовых предшественников или на почвах с содержанием гумуса менее 2–3 %.

При возделывании озимых на хорошо окультуренных почвах, после бобовых культур, а также на всех почвах при внесении органических удобрений непосредственно под озимые или под предшественник (под однолетние бобово-злаковые травы) применение азотных удобрений с осени не рекомендуется, т. к. избыток азотного питания ослабляет устойчивость растений к неблагоприятным факторам перезимовки. Переросшие с осени озимые часто повреждаются снежной плесенью или выпревают при многоснежной и теплой зиме.

Под озимую пшеницу и тритикале при интенсивной технологии предусматривается дробное внесение азотных удобрений.

Первую подкормку весной проводят в начале возобновления активной вегетации растений, когда среднесуточная температура воздуха превысит + 5°C и появятся молодые, хорошо покрытые корневыми волосками корешки. Весной растения выходят из-под снега ослабленными, в почве содержится мало легкодоступного азота, так как еще холодно, кроме того почва переувлажнена и нитрификация ослаблена. Именно в это время отмечается наибольшая потребность в нитратном азоте. От уровня обеспеченности растения азотом в этот период зависит величина урожая.

Цель ранневесенней подкормки усилить мощь кущения. Дело в том, что озимая пшеница начинает куститься осенью, а заканчивает весной. Оптимальная доза азота при этой подкормке зависит от густоты посева: при плотности стеблестоя более 1000 шт./м² не более 40 кг/га, при 800–1000 шт./м² – 50–60 кг/га; при 600–800 шт./м² последнюю дозу следует увеличить на 15–20 %.

Для корневой подкормки следует использовать штанговые машины РШУ-12, СУ-12 или центробежные – разбрасыватели «Амазоне», РМГ-4; РУМ-5 и РУМ-8 обеспечивают только 40–50 % равномерности распределения удобрения по площади. В этом случае недобор урожая зерна составляет от 2,5 до 4,0–5,0 ц/га.

Вносить азот следует в виде аммиачной селитры или сульфата аммония. Мочевину можно использовать только в том слу-

чае, если она заделывается в почву. При поверхностном внесении мочевины без заделки газообразные потери азота достигают 20-50 % от внесенного. Для этой подкормки можно использовать жидкое удобрение – КАС. При активной вегетации азот, внесенный в форме КАС, усваивается растениями за 1–6 часов, в то время как период поступления азота при использовании твердых форм удобрений может составлять от 2 до 5 дней (Лапа, 2007).

Дозу подкормки можно уточнить по результатам почвенной диагностики. По данным института Юго-Востока, в основе ее лежит содержание нитратного азота в почве, которое изменяется от условий температуры и влажности почвы (таблица 9).

Таблица 9 – Почвенная диагностика азотного питания зерновых культур (данные НИИСХ Юго-Востока)

N–NO ₃ , мг/кг в слое 0–40см перед посевом	Обеспеченность почвы	Урожайность по фону РК, ц/га	Оптимальная доза азота, кг/га		Прибавка от азотных удобрений, ц/га	Нормативы затрат азотных удобрений на 1 ц зерна, кг
			по результатам полевых методов	расчетные методы		
ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА						
Влажный год						
<6	Низкая	23–34	120–90	133–108	14–9	3,3–2,4
6–12	Средняя	34–41	90–60	108–65	9–6	2,4–1,4
12–18	Повышенная	41–46	60–30	65–24	6–3	1,4–0,5
18–24	Высокая	46–50	30–0	24–0	3–0	0,5–0,2
>24	Очень высокая	46–50	0	0	0	0
Среднесухой год						
<6	Низкая	11–14	60	79–57	11–8	3,3–2,6
6–12	Средняя	14–20	60–30	57–19	8–2	2,6–1,0
12–18	Повышенная	20–22	30–0	19–0	2–0	1,0–0,4
18–24	Высокая	20–22	0	0	0	0

Уточнить дозу азота в подкормку можно и на основании данных листовой диагностики. Оптимальное содержание азота в листьях озимой пшеницы в фазу кущения составляет 4,9–5,5 % (на сухое вещество), фосфора 0,26–0,52 %, калия – 4,9–5,0 %.

Дозу уточняют по формуле

$$D_N = D'_N \frac{N_{\text{опт}}}{N_{\text{факт}}},$$

где D_N – уточненная доза азота для подкормки, кг/га;

D'_N – рекомендуемая доза азота (для лесостепи Среднего Поволжья – 30 кг/га), кг/га;

$N_{\text{опт}}$ – оптимальное содержание азота в листьях;

$N_{\text{факт}}$ – фактическое содержание азота в листьях.

При отклонениях содержания фосфора и калия в растениях от оптимальных значений уточнение дозы азота проводят по формуле

$$D_N = D'_N \frac{N_{\text{опт}} \cdot P_{\text{факт}} \cdot K_{\text{факт}}}{N_{\text{факт}} \cdot P_{\text{опт}} \cdot K_{\text{опт}}}.$$

Вторую подкормку проводят в начале фазы выхода в трубку (IV этап органогенеза), когда над поверхностью почвы начинает прощупываться первый узел.

В эту подкормку используют до 30 % нормы азота. Дозу уточняют по листовой диагностике. Оптимальное содержание азота в листьях озимой пшеницы в фазу выхода в трубку составляет 3,9–4,5 %, фосфора 0,39–0,44 %, калия 3,0–3,3 %. Лучше применить азот в виде некорневой подкормки, используя КАС в разведении 1 : 3. Разведение КАС водой является обязательным приемом, так как в противном случае это может привести к ожогам листовой поверхности. Оптимальная доза азота для подкормки в этот период 30–45 кг/га д. в. Эта подкормка может иметь эффект только при нормальных условиях увлажнения.

Для получения урожая зерна 60–70 ц/га в середине трубкования (последний лист) или начале колошения, посевы озимой пшеницы и тритикале следует еще раз подкормить азотом (20–30 кг/га д. в.). Дозу подкормки уточняют на основании тканевой или листовой диагностики. Оптимальное содержание в листьях озимой пшеницы в фазу колошения 2,2–3,0 %, фосфора – 0,26–0,30 и калия – 1,9–2,6 %. В качестве удобрения можно использовать КАС в форме с разведением водой в соотношении 1 : 3 или 1 : 4. Для увеличения продолжительности фотосинтетической деятельности листового аппарата растений подкормку в это время лучше проводить опрыскивателями с волоочильными штангами.

Для получения зерна с высокими показателями качества (содержание клейковины, белка) эффективна дополнительная подкормка азотом в фазе колошения – молочной спелости зерна. Необходимость проведения некорневых подкормок в поздние фазы роста озимой пшеницы основываются на данных тканевой диагностики.

При тканевой диагностике согласно градации (таблица 10), при средней величине балла ниже 3,5 внекорневую подкормку азотом проводить нет необходимости, так как при таком состоянии посева ценную или сильную пшеницу получить невозможно; при величине балла от 3,5 до 4,5 необходимо проводить две подкормки азотом по 30 кг д. в. азота на гектар посева – первую в период от колошения до цветения, вторую – при наливе зерна; при содержании N-NO₃ более 5,5 баллов подкормка нецелесообразна, так как при таком содержании в растениях азота получение сильного зерна возможно без нее.

Таблица 10 – Степень обеспеченности озимой пшеницы азотом для получения качественного зерна

Балл	Степень обеспеченности	Время подкормки	Количество азота удобрения, кг/га д. в
< 3,5	Очень слабая	Не проводится	–
От 3,5 до 4,5	Слабая	Две подкормки: первая – в период от колошения до цветения;	30
		вторая – молочная спелость зерна	30
От 4,5 до 5,5	Средняя	Подкормка в период от колошения до цветения	30
> 5,5	Высокая	Подкормка нецелесообразна	–

Для уточнения дозы азота используют данные листовой диагностики: если содержание общего азота в листьях превышает 4,0 %, то подкормку не проводят, так как сильную пшеницу можно получить и без нее; если меньше 2,0 % – подкормка бесполезна, полу-

читать сильную пшеницу невозможно; и только если содержание общего азота составляет 2,0–4,0 % – подкормка показана.

Эта подкормка не только увеличивает содержание белка и клейковины в зерне, но и увеличивает выход незаменимой аминокислоты – лизин.

Поздняя подкормка эффективна лишь при полноценных по густоте посевах с ожидаемой урожайностью более 3 т/га.

Проводят ее раствором мочевины (одна часть мочевины на 2,5 части воды – 20–30 % раствор) или КАС в разведении 1 : 2 или 1 : 3.

Особенности работы с КАС при проведении некорневых подкормок следующие:

1. При определении дозы удобрения в физическом весе и приготовлении рабочих растворов нужно учитывать его плотность (1,28 г/см³). Например, нужно рассчитать количество КАС, которое необходимо внести при дозе азота 30 кг/га д. в. (марка КАС-30). Для этого $30 : 30 \times 100 = 100$ кг. Доза в литрах будет составлять $100 : 1,28 = 78$ л (таблица 11);

Таблица 11 – Доза КАС на 1 га в зависимости от планируемой дозы азота и марки удобрения

Доза азота, кг/га	КАС-28		КАС-30		КАС-32	
	кг	л	кг	л	кг	л
10	36	28	33	26	31	24
20	71	56	67	52	63	49
30	107	84	100	78	94	73
40	143	112	133	104	125	98
50	179	140	167	130	156	122
60	214	167	200	156	188	146
70	250	195	233	182	219	171
80	286	223	267	208	250	195
90	321	251	300	234	281	220
100	357	279	333	260	313	244
110	393	307	367	286	344	269
120	429	335	400	312	375	293

2. Ожоги на растениях при внесении КАС вызываются, как правило, нарушением техники внесения (капли слишком малого размера, высокое давление струи, низко настроенная штанга

опрыскивателя) и неблагоприятными условиями при проведении некорневой подкормки (яркое солнце, мокрые листья растений);

3. Первую подкормку озимых зерновых культур КАС в начале вегетации можно проводить без разведения водой, последующие подкормки с разведением водой в соотношении 1 : 3 в начале трубкования и 1 : 3, 1 : 4 – в середине трубкования;

4. Ночью поглощение азота идет медленнее, поэтому подкормку посевов лучше проводить в послеобеденное или вечернее время;

5. Не рекомендуется применять КАС по влажным растениям (например, после дождя), т. к. в этом случае увеличивается контакт листа с раствором удобрения и, кроме того, структура верхней части листовой пластинки становится более проницаемой и восприимчивой к поглощению азота, что увеличивает вероятность ожогов. В таких случаях опрыскивание посевов нужно проводить после подсыхания листьев;

6. Не рекомендуется применение КАС при температуре более 20–22 °С, особенно, если в предшествующие дни была высокая температура воздуха.

Оптимальным размером капель при внесении КАС является такой, когда на поверхности листа образуется не сплошной слой раствора КАС, а отдельные капли, имеющие небольшой контакт с листовой поверхностью. Для этого в опрыскивателях нужно использовать дефлекторные распылители РД-110-4 или щелевые РЩ-110-4 и РЩ-110-2,5.

Аммиачную селитру применять нельзя, так как она в таких концентрациях дает ожоги листьев.

При суммарных дозах азота, превышающих 100–120 кг/га для озимой пшеницы, даже на высоком фоне содержания фосфора и калия в почве, часто отмечается полегание хлебов, от которого может быть потеряно от 30 до 50 % урожая. Для замедления роста растений в высоту, утолщения стенок стебля используют регуляторы роста, совмещая их с внесением жидких азотных удобрений и гербицидов (Моддус от фазы начала кущения, выхода в трубку до фазы флагового листа; Це Це Це и Антивылегач с фазы конца кущения до выхода в трубку).

В современных технологиях научно обоснованная система удобрения сельскохозяйственных культур, направленная на форми-

рование высокопродуктивных посевов, должна обеспечивать полноценное питание растений не только макро-, но и микроэлементами или максимальной экономической и экологической эффективности. Озимые культуры в условиях Поволжья нуждаются в боре, цинке, меди и марганце. При этом особое внимание уделяется использованию микроэлементов для обработки семян и некорневых подкормок посевов.

Некорневые подкормки проводят в критические фазы развития озимых культур – в период максимального роста и формирования генеративных органов. Оптимальные сроки для озимой пшеницы – стадия первого узла и стадия флагового листа или колошения в дозах, указанных в таблицах 12, 13.

Для некорневой подкормки и обработки семян используют борную кислоту, сульфат меди, цинка и марганца или комплексные удобрения, содержащие как макро-, так и микроэлементы.

Таблица 12 – Дозы и способы внесения микроудобрений.

Наименование микроэлементов	Прибавка урожая, ц/га	Доза и способы внесения	
		в подкормку, г/га	при обработке семян, г на 1 ц
Бор	1,4	50	10
Медь	3,7	75	30
Марганец	1,9	50	18
Цинк	2,5	25	12

Правила приготовления рабочего раствора с микроэлементами. Емкость опрыскивателя заполняется до половины водой, и в нее добавляют составляющие в нижеуказанной последовательности (при работе опрыскивателя в режиме перемешивания):

- мочевины (если необходимо);
- растворы неорганических солей микроэлементов или растворы, содержащие микроэлементы в форме хелатных соединений (кристалон + вода – 1 : 4);
- пестицид, разведенный водой согласно инструкции

Далее необходимо добавить воду до полного объема и приступить к обработке посевов. Приготовление баковых смесей рекомендуется приводить непосредственно перед их применением.

,Таблица 13 – Дозы и сроки применения некорневых подкормок микроэлементами посевов озимых культур

Доза, г/га	Микроудобрения	Доза, кг/га, л/га	Срок применения	Баковые смеси
Cu ₅₀ Mn ₅₀ N ₁₈ P ₁₈ K ₁₈ M g ₃ + микроэлементы	Сульфат меди	0,2	Начало активной вегетации	Весной совместно с КАС. В баковой смеси с фундазолом + мочевины 15 кг на 200 л рабочего раствора
	Сульфат марганца	0,2		
	Кристаллон специальный	2,0		
Cu ₅₀ Mn ₅₀ N ₁₈ P ₁₈ K ₁₈ M g ₃ + микроэлементы	Сульфат меди	0,2	Стадия флагового листа или колошения*	В баковой смеси с одним из фунгицидов: фалькон, амистар экстра, альго супер, гилт. Расход рабочего раствора 200 л/га
	Сульфат марганца	0,2		
	Кристаллон специальный	2,0	Молочная спелость	

Примечание. Кристаллон специальный содержит, проц.: В – 0,025; Cu – 0,01 (ЕДТА); Mn – 0,07 (ЕДТА); Fe – 0,07 (ДТРА, ЕДТА), Мо – 0,004 и Zn – 0,025 (ЕДТА); * – только для высокопродуктивных посевов.

Для внесения смеси используют дефлекторные распылители РД-110-4 или щелевые РЩ-110-4 и РЩ-110-2,5. При выборе оптимального срока проведения некорневой подкормки учитывают не только биологические потребности культуры, но и погодные условия, так как время поглощения растениями микроэлементов составляет от 1 до 2 дней. Опрыскивание лучше проводить в вечерние, раннеутренние часы или в пасмурную погоду.

Озимая рожь во все периоды развития должна быть обеспечена достаточным количеством питательных веществ.

Следует учитывать, что на формирование 1 кг зерна озимая рожь расходует в среднем 25 кг азота, 12 кг фосфора, 26 кг калия. В зависимости от сорта и зоны эти показатели несколько изменяются.

Оптимальные уровни содержания элементов в почвах приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Оптимальные уровни содержания в почве элементов питания для озимой ржи

Тип почвы	мг/кг		Метод определения
	Фосфор	Калий	
Серые лесные	100–150	120–170	По Кирсанову
Черноземы	100–150	120–180	По Чирикову

Озимая рожь удаётся как на серых лесных почвах, так и на черноземах. При гранулометрическом составе от щебенчатого до глинистого. Но лучше ее размещать на легко- или среднесуглинистых почвах. Озимая рожь дает хорошие урожаи на почвах с широким интервалом рН (от 4,5 до 7,5), но хорошо обеспеченных фосфором и калием.

Для формирования высокой продуктивности необходимо, чтобы озимая рожь была обеспечена элементами минерального питания в осенний период. Это связано с тем, что эта культура кустится с осени и в это время закладывается число листьев, определяется коэффициент кущения, число члеников колосового стержня.

Потребление питательных веществ представлено в таблице 15.

Таблица 15 – Потребление питательных веществ озимыми культурами, проц. от общего выноса урожая

Фаза	Озимая пшеница			Озимая рожь		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение (осенью)	56	49	63	35	20	23
Выход в трубку	76	58	82	56	37	78
Цветение	93	78	99	85	79	100
Восковая спелость	100	100	100	100	100	84

Система удобрения озимой ржи органо-минеральная или минеральная. В севооборотах с чистым паром вносятся органические удобрения в виде навоза, компостов, осадков сточных вод и

другие. В Поволжье используются также сидераты: донник, редька масличная, смеси вики мохнатой с сурепицей и другие.

Органические удобрения вносят в паровом поле, под предшественник и непосредственно под рожь перед основной обработкой почвы в дозах 30–50 т/га. Удобрения необходимо равномерно распределять по всему полю.

Несмотря на то, что озимая рожь переносит умеренную кислотность ($pH \approx 5,0$), она положительно отзывается на известкование. Дозу извести определяют по гидролитической кислотности. Отклонение от установленной нормы не должно превышать 5 %. Для лучшего перемешивания ее с почвой поле необходимо дисковать и пахать.

Дозы минеральных удобрений рассчитывают с учетом планируемого урожая, нормативов затрат питательных веществ, агрохимических свойств почвы и количества внесенных органических удобрений.

Для хозяйств Поволжья нормативы затрат питательных веществ на 1 ц зерна составляют, кг/га: азота – 2,8; фосфора – 3,0 и калия – 2,5.

В зависимости от содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия при расчете доз удобрений надо использовать поправочные коэффициенты (таблица 16).

Таблица 16 – Поправочные коэффициенты в зависимости от содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия

Класс почв	Содержание в почве, мг/кг		Поправочный коэффициент для	
	P_2O_5	K_2O	подвижного фосфора	обменного калия
Повышенный	100–150	120–170	0,7	0,8
Высокий	150–250	170–250	0,5	0,6
Очень высокий	>250	>250	0,3	0,3

Экспериментально установлено, что на формирование урожая зерна озимой ржи 4,5–5,5 т/га в зоне Поволжья требуется азота не более 90 кг/га. Повышение его дозы приводит к излиш-

нему нарастанию вегетативной массы, значительному полеганию посевов и формированию круглого зерна.

Фосфорные и калийные удобрения выносятся до посева под основную обработку почвы, лишь часть ($P_{10}-P_{20}$) – в рядки при посеве.

Азотные удобрения используются в несколько приемов с учетом обеспеченности почв азотом и потребности в нем растений в критические периоды их развития.

Если, по результатам почвенной диагностики, запасы минерального азота в пахотном слое составляют менее 40 кг/га, необходимо внести его под основную обработку в такой дозе, чтобы увеличить запасы до 40 кг/га (1 кг N увеличивает содержание $N-NO_3$ – на 1,3 мг/кг). Учитывая, что озимая рожь кустится осенью, на таких почвах и требуется увеличение запаса доступного азота.

В условиях лесостепного Поволжья проводится одна весенняя подкормка азотом, так как верхний слой почвы быстро пересыхает. Ее проводят после полного схода снега и оттока талых вод. Эта подкормка прежде всего влияет на число зерен в колосе.

Если на поле вносились органические удобрения, то на каждые 10 т/га этих удобрений дозу минерального азота снижают на 10–15 кг/га, фосфора – 5–10 и калия – на 10–20 кг/га.

Применение микроудобрений увеличивает урожайность озимой ржи, улучшает качество зерна, повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам (засуха, низкая температура, поражение болезнями).

Борные удобрения вносят под озимую рожь на серых лесных, выщелоченных и оподзоленных черноземах, содержащих менее 0,3 мг/кг подвижного бора. На этих почвах легкого гранулометрического состава (супесчаные, песчаные) необходимо применять медьсодержащие удобрения. Цинковые удобрения эффективны на серых лесных и черноземных почвах с высоким содержанием фосфора и хорошо известкованных.

Для предпосевной обработки семян используют борную кислоту в дозе 0,2–0,4 кг/т, медь сернокислую 0,8–1,0 кг/т и цинк сернокислый – 0,8–1,0 кг/т семян (по препарату) или применяют комплексные удобрения – Микромак, Кемиру, кристаллон и др.

6.2 Удобрение яровых зерновых культур

В условиях Среднего Поволжья, в том числе и Пензенской области, возделываются яровые зерновые ранние (пшеница, ячмень, овес) и яровые поздние культуры (просо и гречиха). В последнее время на полях появилась новая для Поволжья культура – яровое тритикале.

6.2.1 Удобрение ранних яровых зерновых культур

Период вегетации яровых зерновых культур значительно короче, чем озимых (яровая пшеница и яровое тритикале 80–120 дней, ячмень – 70–100, овес – 100–120 дней), а количество питательных веществ, выносимых с урожаем, у них примерно одинаковое (таблица 17).

Вынос меняется в зависимости от сорта и типов почв.

На черноземных почвах вынос элементов питания выше, чем на серых лесных почвах.

Таблица 17 – Вынос питательных веществ на 1 т зерна и соответствующее количество соломы, кг (в среднем)

Культура	Азот	Фосфор	Калий
Яровая пшеница	30–32	9–11	25–30
Яровое тритикале	25–28	8–12	22–25
Ячмень	29–30	10–12	24–27
Овес	25–28	10–12	28–32

Корневая система у этих культур менее развита, чем у озимых, они слабо кустятся, что обуславливает необходимость обеспечения их легкодоступными питательными элементами. Поглощение питательных веществ в течение вегетации происходит неравномерно.

Более половины общей потребности в азоте яровая пшеница и ячмень потребляют к фазе выхода в трубку, а к фазе колошения поглощение его практически завершается (таблица 18).

Недостаток азота в первый месяц жизни ведет к нарушению формирования как вегетативных, так и генеративных органов, а следовательно, к снижению урожая.

Таблица 18 – Поступление питательных элементов в растения яровых зерновых культур (в % от максимального потребления)

Фазы роста	Яровая пшеница			Ячмень			Овес		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение	33	42	37	38	24	31	15	19	27
Выход в трубку	65	57	68	59	46	60	39	27	42
Колошение (выметывание)	74	73	88	79	72	90	51	36	54
Цветение	87	85	100	-	-	-	82	71	100
Молочная спелость	100	100	87	100	100	100	90	83	88
Полная спелость	83	97	69	90	97	83	100	100	83

Подкормка азотом в более позднее время не может исправить создавшееся положение в развитии растения.

Первые 10–20 дней являются критическим периодом в питании растений фосфором. Фосфор способствует росту корневой системы и обеспечивает лучшее усвоение растением азота и калия.

Наибольшее количество калия яровые зерновые культуры поглощают в первые периоды роста и критический период отмечается в фазу третий лист – кущение.

Яровые зерновые культуры предъявляют достаточно высокие требования к плодородию почв. Наиболее требовательная к почвенным условиям яровая пшеница (таблица 19). Оптимальная реакция почвенной среды для нее слабокислая – близкая к нейтральной. В зависимости от сорта она может быть иной.

Яровой ячмень и яровое тритикале обеспечивают высокую продуктивность на среднесуглинистых черноземах или на хорошо окультуренных темно-серых лесных почвах с рН – 5,6–6,5.

Овес при достаточном снабжении водой можно с успехом выращивать на всех почвах. Он особенно хорошо растет на богатых влагой и питательными веществами аллювиальных почвах, а также на почвах, образовавшихся вследствие выветривания материнских пород, имеющих маломощный пахотный слой, во влажных местностях. Его незначительная чувствительность к кислой

реакции почвы и к окультуренности позволяет выращивать его первой культурой на свежевключенных в пашни почвах. Щелочная реакция ему мало вредит на почвах с хорошей буферностью, но на легких почвах она может быть причиной недостатка микроэлементов. На болотных почвах он часто единственный вид зерновых, который стоит выращивать. Но здесь требуются устойчивые к полеганию сорта с поздним цветением. На песчаных почвах овес можно выращивать, если обеспечить его потребность в воде. Непригодны песчаные почвы в регионах с осадками менее 500 мм в год.

Таблица 19 – Нормативы затрат элементов питания на 1 т зерна в Поволжье, кг

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Яровая пшеница	21	28	30
Ячмень фураж	36	20	28
Ячмень пивоваренный	15	20	10
Овес	26	22	8
Гречиха	20	43	17
Просо	21	18	9

Система удобрения для яровых ранних зерновых культур – минеральная. Органические удобрения, как правило, не вносят, так как они хорошо используют их последствие. Исключение составляет яровая пшеница, если она размещается по чистому пару.

Дозы минеральных удобрений определяют исходя из величины планируемой урожайности, плодородия почвы, особенностей предшественника и его удобрённости и др.

При расчете доз можно руководствоваться нормативами затрат минеральных удобрений на 1 т урожая и поправочными коэффициентами на содержание подвижных форм элементов питания в почве.

До посева (с осени под основную обработку почвы) используют фосфорные и калийные удобрения по расчетной дозе. При этом оставляют 10–20 кг P₂O₅ для внесения в рядки при посеве культур. Желательно использовать аммофос, диаммофос, аммофосфат и хлористый калий.

При подсеве к яровым зерновым культурам многолетних трав целесообразно вносить фосфорные и калийные удобрения с учетом потребности в них трав, т. е. «в запас».

На почвах с низким содержанием калия, а также при возделывании яровых зерновых после многолетних трав потребность в калийных удобрениях возрастает.

Азотные удобрения в полной дозе в основном вносятся весной до посева. Возможно внесение осенью, если количество выпадающих осадков ниже многолетней нормы или при посеве, но при этом количество азота не должно превышать 10–20 д. в./га. Смешивать азотные удобрения с семенами нельзя, также при этом может снизиться их полевая всхожесть.

Расчетные дозы азотных удобрений должны корректироваться по результатам диагностики (почвенной и растительной).

Подкормка азотными удобрениями может быть эффективной только при условии достаточного увлажнения почвы. Поэтому при недостатке осадков в период апреля – мая месяцев, что часто отмечается в условиях правобережной лесостепи Поволжья, в том числе и основное внесение азота в предпосевную обработку почвы является решающим условием формирования урожая яровых зерновых.

Удобрение отдельных яровых культур имеет некоторые особенности.

Яровая пшеница. При возделывании яровой пшеницы, дозу азотных удобрений в условиях Поволжья рекомендуется устанавливать, исходя из содержания нитратного азота в слое 0–40 см весной (по тало-мерзлой почве) или осенью при замерзании верхнего (0–5 см) слоя почвы (таблица 20).

Если расчетная доза азота не превышает 60 кг д. в./га, то азотные удобрения целесообразно вносить в один прием под предпосевную обработку почвы. Более высокие дозы азота (более 60 кг/га) с целью снижения полегаемости растений следует вносить дробно, используя часть азота в подкормку в период кущения – начало выхода в трубку.

При возделывании яровой пшеницы целесообразна дополнительная подкормка в период колошения – молочная спелость зерна для увеличения содержания белка и клейковины, а также улучшения аминокислотного состава зерна.

Необходимость такой подкормки устанавливается на основании листовой диагностики (таблица 21).

Таблица 20 – Дозы азотных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от содержания нитратного азота в почве

N–NO ₃ , мг/кг в слое 0–40 см перед посевом	Обеспеченность почвы	Урожайность по фону РК, ц/га	Оптимальная доза азота, кг/га		Прибавка от азотных удобрений, ц/га	Нормативы затрат азотных удобрений на 1 ц зерна, кг
			по результатам полевых методов	расчетные методы		
ЯРОВАЯ ПШЕНИЦА						
Влажный год						
<5	Низкая	25–29	120–90	–	0–5,0	3,5–2,6
5–10	Средняя	29–31	90–60	–	5,0–1,7	2,6–1,3
10–15	Повышенная	31–33	60–30	–	1,7–0,7	1,3–0,6
>15	Высокая	33–34	30–0	–	0	0,6–0
Сухой год						
<5	Низкая	11–13	70–50	–	5,0–3,0	4,3–3,0
5–10	Средняя	13–15	50–30	–	3,0–1,0	3,0–1,8
10–15	Повышенная	15–16	0	–	0	0
>15	Высокая	15–16	0	–	0	0
ПРОСО						
Влажный год						
<5	Низкая	20–25	60–40		5,0–4,4	2,4–1,4
5–10	Средняя	25–30	40–30		4,4–3,4	1,4–0,9
10–15	Повышенная	30–35	30–0		3,4–0	0,9–0
>15	Высокая	30–35	0		0	0
Среднесухой год						
<5	Низкая	11–13	40–30		3,2–2,3	2,8–2,0
5–10	Средняя	13–15	30–0		2,3–0	2,0–0
10–15	Повышенная	15–17	0		0	0
>15	Высокая	15–17	0		0	0

Таблица 21 – Шкала потребности яровой пшеницы в некорневой подкормке азотными удобрениями (данные НИИСХ Юго-Востока)

Содержание азота в листьях, %		Потребность в подкормке	Доза азота для подкормки, кг на 1 га
в фазу кущения	в фазу колошения		
До 3,5	до 2,5	Очень сильная	Подкормка не рекомендуется, вероятность получения высокобелкового зерна мала
3,6–4,4	2,6–3,0	Сильная	Две подкормки: I азот 30–35 – в фазу колошения–цветения II азот 30–35 в фазу налива зерна
4,5–5,5	3,1–3,5	Средняя	Одна подкормка в период колошения–цветения. Доза азота 30–35
Более 5,5	более 3,5	Слабая или отсутствует	Возможно получение высокобелкового зерна без подкормки

Для подкормки можно использовать КАС в разведении 1 : 3, 20–30 % раствор мочевины с добавлением микроэлементов в составе «микроэл», кристаллона, кемиры и других, или виде простых солей.

Важным условием проведения подкормки является работа в вечернее или раннеутреннее время, или отсутствии ветра и дождя.

Ячмень в условиях Поволжья, в том числе и Пензенской области, возделывается на кормовые, продовольственные цели, а также для пивоварения.

Возделывание ярового ячменя для кормовых целей почти не ограничено почвенными условиями. Его можно выращивать на почвах, начиная от бонитета 40, если почвенная реакция не кислая. Урожайность на легких почвах прямо зависит от суммы и характера распределения осадков в вегетационном периоде.

Возделывание пивоваренного ячменя требует более плодородных почв, с нейтральной или близкой к ней реакцией среды, хорошо обеспеченных фосфором и калием.

Способы внесения минеральных удобрений под эту культуру представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Способы внесения минеральных удобрений под ячмень, кг д. в. на 1 га

Удобрения	Способ внесения		
	Основной	Припосевной (в рядки)	ПодкормкаХ
Азотные	Не более 60	–	Кущение – фаза выхода в трубку по результатам листовой диагностики (но не более 30)
Фосфорные	Полная доза (исключая внесение в рядки)	10–20	–
Калийные	Полная доза	–	–

*Примечание. Только под фуражный ячмень.

При возделывании ярового зерна на пивоваренные цели рекомендуется разовое внесение азотных удобрений, с дозой на 10–15 % более низкой, чем расчетная. Это связано с ограничениями по белку (9–12 %, при оптимальном содержании 10,5 %). Дозы азота не должны превышать по предшественникам сплошного сева – 60 кг/га, после пропашных культур, если под них вносились удобрения – 30–45 кг/га. Для пищевых и фуражных целей, где питательность зерна напрямую связана с белковостью, может применяться как разовое, так и дробное внесение азотных удобрений.

При посеве фуражного или продовольственного ячменя при отсутствии фосфорного удобрения (суперфосфата) можно использовать нитрофоску или нитроаммофоску. При этом доза азота не должна превышать 10 кг/га.

При недостаточном содержании микроэлементов в почве следует вносить микроудобрения, в значительной мере повышает урожайность и качество зерна. Микроудобрение вносят при со-

держании: бора – менее 0,3 мг, меди – 1,5 мг, марганца – 30 мг и цинка – 0,7 мг на 1 кг почвы.

Овес потребляет питательные вещества равномерно в течение длительного периода вегетации. Фосфорные и калийные удобрения применяют под основную обработку почвы, азотные – под предпосевную культивацию. Рекомендуются при планировании урожайности овса более 4 т/га использовать микроэлементы. Их следует применять на серых лесных почвах и черноземах, если в них содержание микроэлементов составляет в 1 кг почвы менее: бора – 0,3 мг, меди – 1,5 мг, марганца – 30 мг и цинка – 0,7 мг.

Потребность в боре возрастает на известкованных почвах, в молибдене – на кислых (рН ниже 5,2), в меди – на торфяных, в цинке – на почвах с высоким содержанием подвижного фосфора.

При обработке семян на 1 ц зерна расходуется 10 г бора, 30 г меди, 18 г марганца, 12 г цинка

6.2.2 Удобрение поздних яровых зерновых культур

Гречиха – ценная продовольственная культура, способная при благоприятных условиях давать в Среднем Поволжье урожай зерна свыше 2,5 т с 1 гектара.

Корневая система гречихи характеризуется слабым развитием, но очень высокой физиологической активностью. По массе корней на единицу площади она в 2,4 раза уступает пшенице, в 1,6 раза – ячменю, а по поглотительной способности, наоборот, в 2,7 раза превосходит пшеницу и в 5,5 – ячмень. Гречиха лучше развивается на почвах с хорошей аэрацией и влагоемкостью. Такими свойствами в наибольшей мере обладают легко- и средне-суглинистые хорошо окультуренные серые лесные и черноземные почвы. Эта культура переносит повышенную кислотность (рН менее 4,5), однако лучшие урожаи дает на почвах слабокислых и близких к нейтральным.

Гречиха отличается интенсивным выносом питательных элементов: в расчете на 1 т зерна с соответствующим количеством соломы она выносит 30–38 кг азота, 15–20 – фосфора и 40–48 кг калия. Отличительной особенностью гречихи является то, что она способна использовать фосфор и калий из труднодоступных соединений (почвенных минералов).

Период активного потребления питательных элементов у гречихи короткий: за 30–40 дней после посева она использует более 60 % азота и калия и до 50 % фосфора от максимального их содержания.

Одним из решающих факторов увеличения урожайности гречихи является рациональное применение органических и минеральных удобрений. Гречиха во всех зонах возделывания проявляет высокую отзывчивость на органические удобрения, внесенные под предшествующие ей культуры. На песчаных, супесчаных серых лесных почвах ценным органическим удобрением являются сидераты – донник, вика мохнатая, смеси вики с сурепицей масса которых заделывается под первую предпосевную обработку. Минеральные удобрения при непосредственном внесении в условиях правобережной лесостепи Среднего Поволжья повсеместно повышают урожай гречихи, но наибольшая их эффективность проявляется на почвах с рН выше 5,6 и низким уровнем естественного плодородия.

Азотные удобрения под гречиху лучше вносить весной под предпосевную обработку почвы. Формы азотных удобрений оказывают практически одинаковое влияние на урожай. Однако лучшим азотным удобрением является сульфат аммония, содержащий серу.

Из фосфорных удобрений можно использовать все виды, в том числе фосфоритную муку. Вносить их лучше перед зяблевой обработкой почвы.

Калийные удобрения вносятся только на почвах легкого гранулометрического состава. При использовании калийных удобрений необходимо учитывать повышенную отрицательную реакцию гречихи на хлор, содержащийся в таких наиболее распространенных формах, как: хлористый калий, калийная соль и др. В связи с этим хлорсодержащие калийные удобрения необходимо вносить заблаговременно, под вспашку на зябь, что обеспечит вымывание хлора за пределы корнеобитаемого слоя. Лучше использовать калийные удобрения, не содержащие хлор (калимаг, калимагнезию).

Кроме азота, фосфора и калия, для высокой продуктивности гречихи необходимы и некоторые микроэлементы. В условиях лесостепи Поволжья, особенно после известкования почв, наблюда-

ется недостаток доступного для растений бора (менее 0,3 мг на 1 кг почвы). Внесение борных удобрений в этом случае является одним из важных элементов системы удобрения. В качестве борных удобрений борная кислота и бура используются для предпосевной обработки семян, борат магния вносят в почву под культивацию из расчета 100–150 кг/га, а борный суперфосфат – в рядки при посеве в количестве 50–60 кг/га. На почвах легкого механического состава независимо от их типа следует вносить магний в виде доломитовой муки от 30 до 60 кг д. в. на 1 га.

Гречиха хорошо отзывается на внесение в рядки с семенами гранулированных фосфорных или сложных удобрений в дозах 10–20 кг д. в. на 1 га.

Таким образом, на почвах с низким и средним уровнем естественного плодородия, содержащих гумуса 3,0 % и менее, доступных форм фосфора и калия 50–100 мг на 1 кг почвы, система удобрения гречихи должна включать следующие основные элементы: внесение органических удобрений под предшественники; основное внесение минеральных удобрений в дозах 30–60 кг д. в. на 1 га; припосевное внесение гранулированного простого и обогащенного бором суперфосфата или сложных удобрений в дозах 10–20 кг д. в. на 1 га. На широкорядных посевах при их междурядной обработке следует проводить подкормку растений азотными или сложными удобрениями в дозе 10–15 кг д. в. на 1 га.

На плодородных почвах, содержащих гумуса более 3 %, доступных форм фосфора и калия более 100 мг на 1 кг почвы, а также при размещении гречихи по хорошо удобренным предшественникам система удобрения включает припосевное внесение гранулированных фосфорных или сложных удобрений в дозах 10–20 кг д. в. на 1 га; на широкорядных посевах – подкормку растений в период вегетации азотными или сложными удобрениями в дозе 10–15 кг д. в. на 1 га.

Дозы вносимых удобрений следует рассчитать на планируемую урожайность с учетом климатических условий, биологической потребности культуры в элементах питания, уровня обеспеченности почвы доступными формами NPK (на основании картограмм) и степени их использования из почвы.

Просо – ценная крупяная культура, широко распространенная в лесостепном Поволжье. Эта культура отличается засухоустойчивостью и даже жаростойкостью, повышенной требовательностью к элементам питания.

Просо – культура весьма требовательная к уровню плодородия почвы. Для его нормального развития необходимо достаточное количество доступных растениям элементов питания в почве. Просо дает высокие урожаи на землях, богатых органическими веществами, имеющих нейтральную или близкую к ней реакцию почвенного раствора (рН солевой – 6,5 или 7,5). Оно не выносит кислых, заболоченных, тяжелых суглинистых земель. Лучше всего под эту культуру отводить структурные, хорошо аэрируемые почвы с высоким содержанием легкорастворимых питательных веществ, чистые от сорняков, средние и легкие суглинистые.

При разработке системы удобрений посевов проса важно учитывать, что на формирование 1 ц зерна и соответствующего количества соломы эта культура использует 3,0–3,2 кг азота, 1,3–1,5 кг фосфора, 2,0–3,4 кг калия, 1,0–1,3 кг кальция. Поступают питательные вещества в растения в течение всего периода вегетации.

В начальный период развития просо особенно чувствительно к недостатку фосфора и до кущения больше всего потребляет азота (7–8 % общей потребности) и в убывающем порядке – калия, кальция, фосфора. Наиболее интенсивно растения используют питательные вещества в период кущения – цветения. В это время усиленно разрастается вегетативная масса и формируются метелки, поэтому достаточная обеспеченность проса именно в этих фазах азотом, фосфором и калием – одно из важнейших условий формирования его высокой продуктивности. За этот период в растение поступает 70 % азота, 60 % фосфора и практически весь калий. Наибольшее количество фосфора усваивается в последний период вегетации, когда формируется зерно и в нем накапливается белок, в состав которого входит не только азот, но и фосфор (рисунок 5).

В питании проса существенное значение имеют микроэлементы: магний, железо, бор, марганец, цинк, медь, молибден. Они повышают активность различных ферментов, ускоряют био-

химические процессы в растениях, способствуют синтезу углеводов, белков, аминокислот и витаминов.

Система удобрения проса – минеральная, но оно хорошо отзывается на внесение органических удобрений под предшественник.

Всю запланированную дозу фосфорных и калийных удобрений вносят до посева. При наличии специально оборудованных сеялок 15–20 кг фосфора целесообразно вносить в рядки при посеве.

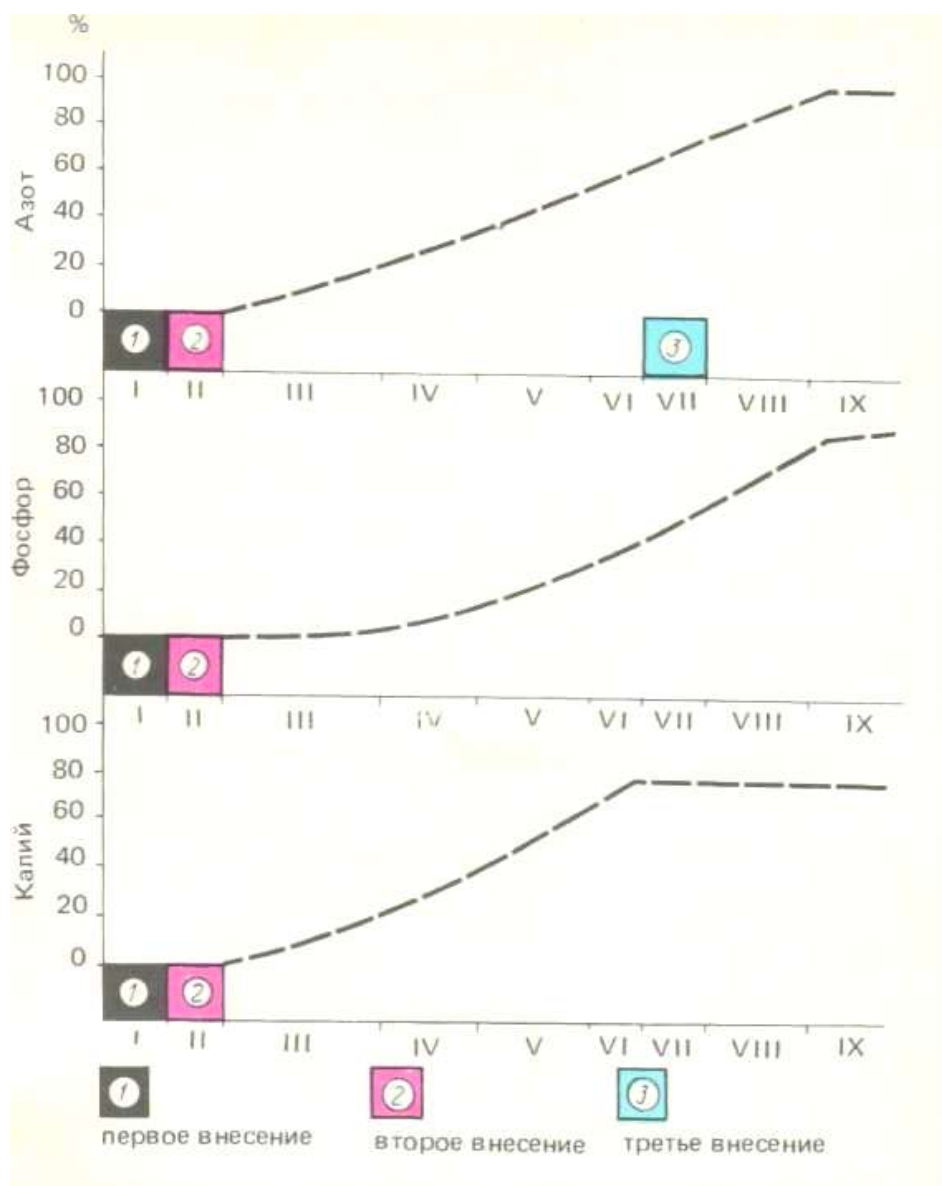


Рисунок 5 – Потребление элементов питания просом

Рассчитанная доза азотных удобрений используется в первую обработку почвы. Наряду с простыми формами минеральных удоб-

рений в предпосевную культивацию рекомендуется использование комплексных удобрений (NPK, нитрофоску, нитрофос и др.).

Использование азота и микроэлементов для поздних некорневых подкормок в фазу налива зерна целесообразно для повышения его белковости. Доза азота в эту подкормку 10–15 кг/га. Использовать можно мочевины, КАС, микроэл, кристаллон и другие комплексные удобрения. Эту подкормку сочетают с внесением пестицидов.

6.3 Удобрения зернобобовых культур

Зернобобовые культуры (горох, вика, кормовые бобы, соя, нут) являются ценными пищевыми и кормовыми культурами.

Одна из главных особенностей зернобобовых культур – высокое содержание белка в семенах, листьях и стеблях. Семена зернобобовых содержат гораздо больше белка, чем зерновые культуры: зерновые – 14–16 %, горох 25–28, бобы – 27–35, вика 28–30, соя – до 50 %. Белок зернобобовых содержит больше лизина, метионина, т. е. он более качественный и, кроме того, более дешевый. Солома этих культур содержит 18–20 % сырого протеина.

Многообразна роль зернобобовых культур и в земледелии. Они оказывают положительное влияние на структуру почвы, на ее физические свойства, подавляют рост сорняков. Это прекрасный предшественник для многих сельскохозяйственных культур. Зернобобовые обогащают почву биологическим азотом, за счет усвоения азота воздуха клубеньковыми бактериями, находящимися на их корнях. Способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями фиксировать атмосферный азот снижает потребность зернобобовых культур в азотных удобрениях. Примерно 65–70 % азота, необходимого для формирования урожая, они берут из воздуха, 25 % которого остается в клубеньках. Повышенное содержание в почве минерального азота значительно снижает размеры азотфиксации, и зернобобовые становятся такими же потребителями азота, как остальные культуры.

Важная особенность зернобобовых культур, особенно кормовых бобов и гороха, их способность усваивать из почвы и удобрений труднодоступные формы фосфора. Имея мощную, глубоко проникающую корневую систему, способны поглощать

фосфор и другие элементы питания из глубоких горизонтов, обогащая ими пахотный слой почвы.

Горох, яровая вика, кормовые бобы, соя, нут предъявляют высокие требования к плодородию почв. Они лучше растут на связных по гранулометрическому составу почвах (средних и легких суглинках). Оптимальные значения рН для них 6,0–7,0. Кислые почвы требуют известкования. Нейтральная почва – необходимое условие для развития клубеньковых бактерий. Кроме того почвы должны быть обеспечены влагой, фосфором, калием, кальцием, молибденом, иметь среднее и высокое содержание гумуса. Не пригодны для возделывания зернобобовых культур солонцовые, засоленные, с близким (менее 1 м от поверхности) залеганием грунтовых вод почвы.

Вынос элементов питания зернобобовыми культурами показан в таблице 23.

Таблица 23 – Вынос элементов минерального питания зернобобовыми культурами, кг/т

Культура	Вынос элементов питания					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Горох	60–66	16–20	30–35	25–30	8–13	16–20
Вика	50–65	10–14	16–20	15–20	5–10	12–17
Кормовые бобы	60–70	15–20	40–45	25–30	10–15	16–20
Соя	70–100	17–25	30–45	25–30	10–15	16–23
Чечевица	55–59	15–20	25–28	15–20	5–10	12–15

Примечание. Потребность в азоте за счет азотофиксации покрывается у вики на 47–50 %, у гороха – 50–70 %, у кормовых бобов – на 60–72 %, сои – 50–70 %, у чечевицы – 50–60 %.

Поглощение питательных элементов зернобобовыми культурами протекает более или менее равномерно. В фазе цветения завершается поступление в растения азота и калия. Фосфор поглощается до конца вегетации. Большое значение в формировании семян имеет реутилизация питательных элементов. Поэтому ответственным в формировании урожая является период цветения – образование плодов.

Вклад реутилизации в формирование урожая семян зависит от условий выращивания растений. Исследованиями, проведенными на серых лесных почвах Белоруссии, установлено, что у

растений гороха при дефиците влаги и раннем прекращении процессов корневого питания до 100 % азота и 85 % фосфора в семенах может аккумулироваться за счет реутилизации из вегетативных органов. В условиях холодного и влажного лета – до 50 % (Н.Е. Новикова, 2002).

Система удобрения зернобобовых культур предусматривает основное и рядковое удобрение с выполнением комплекса мер для повышения их азотфиксирующей способности (рисунок 29). В качестве основного удобрения под зернобобовые культуры, как правило, используют минеральные, но при выращивании их в смеси с овсом в качестве парозанимающей – используют и органические, особенно на слабо окультуренных почвах. Непосредственное внесение органических удобрений рекомендуется только под кормовые бобы (30 т/га), при использовании их под горох и вику происходит сильное развитие вегетативной массы и полегание растений. Навоз или компост на суглинистых почвах вносят осенью, тогда же и фосфорно-калийные удобрения.

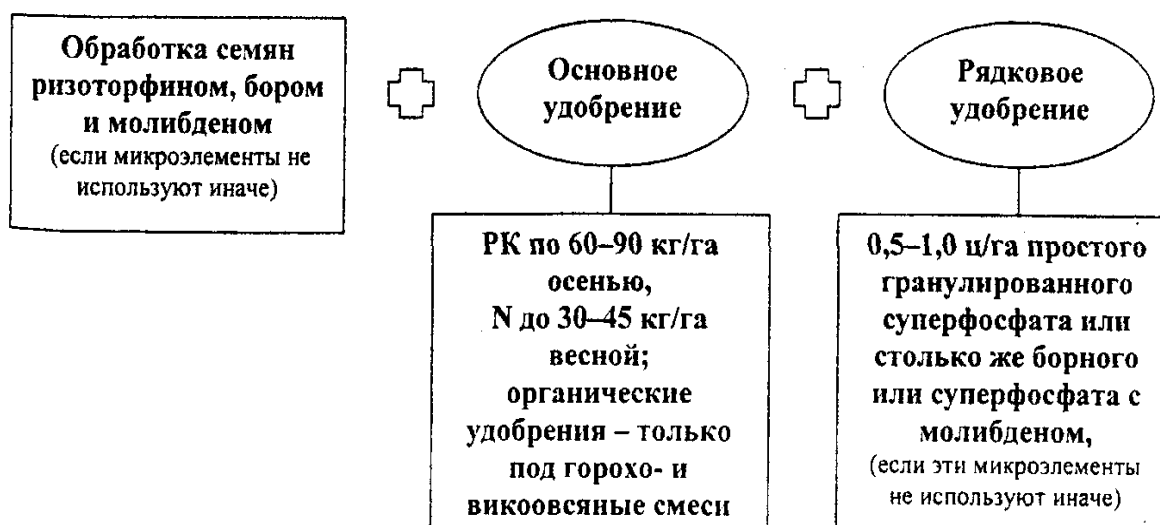


Рисунок 6 – Схема системы удобрения зернобобовых культур

Дозы фосфора и калия под зернобобовыми культурами в зависимости от плодородия почвы колеблются от 60 до 90 кг/га. Азотные удобрения вносят весной под предпосевную культивацию в дозах 10–20 кг/га. Необходимость их применения под зернобобовые культуры диктуется тем, что фиксация азота начинается примерно через 3–4 недели после посева.

Для стимуляции роста клубеньков и усиления их активности необходима небольшая стартовая доза азота (на черноземах – 10 кг/га, серых лесных почвах – 20–25 кг/га).

Обязательным приемом в системе удобрения зернобобовых культур является применение рядкового удобрения при посеве. Для этого используют суперфосфат, аммофос, диаммофос, комплексные удобрения, содержащие как макро-, так и микроэлементы (В, Мо, Со). Доза их по фосфору должна составлять 15–20 кг P_2O_5 на 1 га.

На серых лесных и черноземных почвах Поволжья с кислой реакцией среды обязательно применение молибдена (таблица 24).

На нейтральных почвах с содержанием подвижного бора менее 0,3 мг/кг растения испытывают недостаток этого элемента. Для формирования пыльцы, усиления цветения и образования семян на этих почвах рекомендуется внесение удобрений, содержащих бор.

Таблица 24 – Применение молибденовых микроудобрений

Удобрения	Культуры	Доза, кг (г)	Способ применения
Молибденовый суперфосфат (0,2 % Мо)	Зернобобовые	50 кг/га в рядки при посеве	Внесение в почву
Молибденово-кислый аммоний (50 % Мо)	Горох, вика и другие крупносеменные	25–50 г/ц растворяется в 1,5–2,0 л теплой воды	Предпосевная обработка семян
То же	Зернобобовые на зерно	200–600 г/га расход 50–100 л воды	Некорневая подкормка в период бутонизации – начала цветения

В качестве борных удобрений используют борную кислоту (В – 17,3 %), борно-магниевые удобрения (В – 2,27 %), спидфол Б (В – 17 %). Эти удобрения используют для обработки семян зер-

нобобовых культур (100 г борной кислоты на 1 ц семян) или некорневой подкормки посевов в фазу начала бутонизации.

Особое место в системе удобрения зернобобовых культур занимает обязательная инокуляция их семян бактериальными удобрениями. Наиболее распространенными являются нитрагин и ризоторфин. Они представляют собой препараты высокоэффективных клубеньковых бактерий, предназначенных для каждого вида зернобобовых растений отдельно. На гектарную норму семян используют 400–600 г ризоторфина.

Предпосевная обработка препаратом выполняется в день посева следующим образом. Необходимое количество препарата в день посева разводят в чистой воде из расчета 5–6 литров на 1 т семян и, не давая суспензии отстояться, наносят ее на семена, которые затем тщательно перемешиваются до равномерного распределения препарата.

При инокуляции здоровых семян целесообразно отказаться от протравливания. Если протравливание необходимо, то его проводят не позднее, чем за 2–3 месяца до инокуляции.

Инокуляция совместима с микроэлементами при обработке семян.

6.4 Удобрение картофеля

Картофель – важнейшая сельскохозяйственная культура, широкое распространение которой обусловлено, прежде всего, ее высокой потенциальной урожайностью и содержанием в клубнях питательных компонентов: углеводов, белков, аминокислот, витаминов, минеральных солей. Кроме того, он обладает высокими вкусовыми, диетическими и лечебными свойствами.

Картофель требователен к гранулометрическому составу почв. Для него необходимо отводить рыхлые плодородные почвы. Чем меньше плотность почвы в пахотном слое и, особенно, в зоне клубнеобразования, тем выше урожай картофеля. Поэтому главным при выращивании высокого урожая картофеля является не только тип почвы, но и уровень ее окультуренности (плотность, содержание гумуса, макро- и микроэлементов).

Лучшими для картофеля считаются черноземные почвы с высоким содержанием гумуса. Хорошо удается картофель на серых лесных окультуренных почвах. По гранулометрическому составу предпочтительны легкие и средние суглинки. Супесчаные и песчаные почвы при внесении органических удобрений и оптимальной влажности формируют высокие урожаи с хорошими вкусовыми качествами клубней. Тяжелые суглинистые и глинистые почвы сильно уплотняются при многократных обработках и малопригодны для картофеля. Оптимальная плотность черноземных почв для картофеля – 0,9–1,1 г/см³.

Картофель – культура слабокислых почв. Высокие урожаи обеспечиваются при pH = 5–6 и выше. На кислых почвах с pH < 4 и щелочных с pH > 8 рост и развитие растений сильно угнетаются.

Картофель, по сравнению с большинством полевых культур, лучше переносит более высокие концентрации почвенного раствора и больше потребляет питательных веществ на единицу продукции. На 10 т клубней при соответствующем количестве ботвы разные сорта картофеля в зависимости от почвенно-климатических условий выносит 40–70 кг азота, 15–20 – фосфора и 60–90 кг калия. Как правило, ранние сорта потребляют меньше питательных веществ на единицу основной продукции, чем поздние, что объясняется прежде всего более высоким соотношением ботвы и клубней у поздних сортов.

Наибольшее потребление элементов питания приходится у картофеля на период от бутонизации до конца цветения (таблица 25).

Таблица 25 – Накопление питательных веществ картофелем, проц. от максимального (данные НИИКХ)

Фаза развития	Вынос		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Начало бутонизации	27	23	20
Бутонизация – конец цветения	67	75	80
Начало отмирания ботвы (наибольший рост клубней)	91	85	98
Созревание	100	100	100

К концу цветения, когда полностью формируется ботва, растения потребляют 2/3–3/4 питательных веществ.

От всходов до начала бутонизации (май-июнь) среднеспелые сорта картофеля накапливают 20–27 % питательных веществ, от бутонизации до конца цветения (июль) – 40–60 %, а после цветения – 20–23 %. У ранних сортов срок поступления элементов питания наименее короткий, примерно 1,0–1,5 месяца. Ко времени уборки в клубнях картофеля накапливается примерно 80 % азота, 90 % фосфора и более 90 % калия от общего их количества во всем урожае.

Система удобрения в севооборотах с картофелем органо-минеральная. Картофель в этих севооборотах размещается, как правило, после озимых, идущих по чистым парам. В пару вносится навоз, но в связи с сокращением поголовья скота и с материально-финансовыми трудностями большинства сельскохозяйственных производителей, использование его крайне ограничено. Более доступны в качестве органических удобрений солома и сидераты.

В 2001-2005 гг. на черноземе выщелоченном опытного поля Пензенского НИИСХ изучалось действие и последствие сидеральных культур (горчицы белой и озимой смеси вики мохнатой с рожью) на свойства почвы и урожайность картофеля. исследования показали, что сидераты как при прямом действии, так и последствии, существенно влияли на пищевой режим и физические свойства чернозема. Выход основной продукции (клубней) с 1 га севооборотной пашни при наборе промежуточных культур составил в зависимости от насыщения севооборота картофелем: 14,8 т/га при 100 %, 13,2 – при 75 %, 9,5 – при 50 % и 4,2 т/га при 35 % насыщении.

Данные о действии сидерального пара на картофель на черноземе выщелоченном Пензенской ГСХА приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Влияние сидерации на урожайность клубней картофеля, 1991–1995 гг., т/га

Показатель	Чистый пар			Сидеральный пар				НСР ₀₅ , т/га
	без удобрений (контроль)	солома	навоз	горчица белая	редька масличная	фацелия	донник белый	
Урожайность	19,7	21,9	23,7	22,8	23,3	22,9	23,5	2,7
Прибавка к контролю	–	2,2	4,0	3,1	3,6	3,2	3,8	

Опыты, проведенные в Пензенской ГСХА и НИИСХ, показали, что редька масличная в сидеральном пару способна создавать до 26,8–65,0 т/га зеленой массы. При заделке ее в почву поступает 8,3–11,7 т сухого органического вещества, содержащего 143–160 кг азота, 708 кг фосфора и более 215 кг калия, что эквивалентно почти 25 т навоза.

С отавой клевера в почву заделывается 6–8 т/га зеленой массы, богатой азотом (более 40 кг/га азота), фосфором и калием.

Измельченная солома увеличивает поступление сухого органического вещества в севообороте с чистым паром на 5,9 т/га, с сидеральным на – 5,4, с клеверным полупаром – на 5,6 т/га, что равноценно внесению в почву около 15 т навоза.

Урожайность картофеля при таком удобрении примерно одинаковая (таблица 27). Поскольку в этих севооборотах наряду с картофелем выращиваются другие культуры, которые чувствительны к почвенной кислотности, почвы с рН менее 5,0 следует известковать. Обычно в севооборотах с картофелем нормы известки снижают от полной гидролитической кислотности на 1/3 на средних и тяжелых по гранулометрическому составу почвах и на 1/2 – на легких. Учитывая, что действие известки существенно проявляется на 2-3 год после ее внесения, известковые удобрения необходимо использовать под предшественник или непосредственно под картофель.

Избыточная известь может вызвать образование парши на клубнях, снижение содержания в них крахмала и ухудшение лежкости при хранении.

Необходимо помнить, что известкование уменьшает доступность калия для растений (особенно для картофеля). Это происходит вследствие обогащения почвенного раствора кальцием (или кальцием и магнием). В результате соотношения между калием и кальцием резко изменяется, поглощение калия снижается. Поэтому при известковании почвы в севооборотах с картофелем нормы калийных удобрений следует увеличивать, примерно в 1,5 раза.

Внесение минеральных удобрений под картофель зависит от способа его посадки. Если посадка производится в гребень, то всю норму питательных веществ, рассчитанную на планируемый урожай картофеля вносят либо осенью под основную обработку почвы, либо весной перед нарезкой гребней. При гладкой посадке

фосфорные и калийные удобрения (100 %). Вносят под основную обработку почвы, азотные – под предпосевную. При наличии в хозяйстве сажалок, оборудованных туковысевающими механизмами, полную дозу NPK можно вносить непосредственно при посадке картофеля.

Таблица 27 – Эффективность картофельных севооборотов с различными видами паров и удобрений (данные Пензенского НИИСХ, 1990-1995 гг.)

Вид пара	Урожайность, ц/га			На 1 га севооборотной пашни		
	Озимая пшеница	Картофель	Яровая пшеница	сбор ц. к. ед. с учетом сидерата	выход валовой энергии МДж	затраты совокупной энергии, МДж
Пар чистый + 50 т навоза	27,2	276	23,4	39,8	80108	50625
Пар чистый + 50 т навоза + солома	27,2	271	23,5	39,5	79683	46825
Сидеральный пар с редькой масличной	22,5	273	23,1	44,9	94700	34750
Сидеральный с редькой масличной + солома	22,5	270	23,2	44,7	94392	31050
Клеверный полупар	25,4	283	23,8	49,4	96926	34555
Клеверный полупар + солома	25,4	279	23,5	49,0	96320	30825

Применение подкормки в условиях Пензенской области неэффективно. Средние дозы туков составляют $N_{90-135}P_{120-210}K_{90-165}$.

Азотные удобрения во всех формах имеют низкую эффективность, однако на известкованных почвах внесение сульфата аммония будет предпочтительнее. Среди фосфорных удобрений, применяемых в лесостепи Поволжья, особо можно выделить

фосфоритную муку. Она дает на кислых почвах области такой же результат, как суперфосфат и аммофос.

Лучшие калийные удобрения для картофеля – сернокислый калий, калимагнезия, калимаг. Сырые калийные соли и хлористый калий следует применять только в осеннюю основную обработку почвы. Картофель сильно реагирует на хлор, поэтому весной хлорсодержащие калийные удобрения вносить не следует.

На почвах с низким содержанием серы (черноземы типичные) следует использовать серосодержащие удобрения (сульфат аммония, сернокислый калий, простой суперфосфат).

Простые удобрения можно заменить комплексными в тех же кормах, какие были рассчитаны на планируемый урожай. эффективно применение под картофель комплексных удобрений, содержащих не только макро-, но и микроэлементы.

В опытах кафедры почвоведения и агрохимии установлено положительное влияние на формирование клубней картофеля жидкого комплексного удобрения ЖУСС, в составе которого медь, марганец, бор, железо. Прибавки урожая при предпосевной обработке клубней составили от 3,4 до 5,7 т/га, от некорневой подкормки в фазу бутонизации – 2,1–2,4 т/га.

Использование бактериального удобрения – мизорин в дозе 800 г на гектарную норму семян обеспечивало прибавку урожайности 0,8–1,2 т/га и резко (в 2 раза) снижало заболевание картофеля ризоктониозом и серой паршой.

6.5 Удобрение кукурузы

В Программе антикризисных мер Правительства Российской Федерации особое место уделено продовольственной безопасности страны, увеличению снабжения населения высококачественными продуктами животного происхождения.

Выполнение этих планов требует особого внимания к обеспечению животноводства полноценными кормами собственного производства.

Среди полевых культур особое место принадлежит кукурузе как кормовой и пищевой культуре. Благодаря своим свойствам кукуруза имеет разностороннее направление использования: для питания людей, на корм животным, как сырье для переработки на технические нужды, для производства биогаза и электроэнергии.

Кукуруза растет на различных типах почв, но максимальные урожаи создает на окультуренных легкосуглинистых почвах с хорошей водоудерживающей способностью и водопроницаемостью, при оптимальной реакции почвенного раствора близкой к нейтральной (рН 6,0–7,0). Однако эта культура может приспособиваться к реакции среды и давать неплохие урожаи в интервалах рН от 5,5 до 8,0. Почвы с повышенной кислотностью (рН ниже 5), а также сильно засоленные, для возделывания кукурузы непригодны.

Кукуруза – культура, требующая почв с хорошо выраженной зернистой и комковатой структурой. Необходимо, чтобы плотность почвы была в пределах 0,9–1,25 г/см³.

Кукуруза предъявляет высокие требования к наличию в почве усвояемых форм питательных веществ. Оптимальное содержание Р₂О₅ в почвах должно быть не менее 100 мг/кг, обменного калия 100–150 мг/кг почвы.

Кроме того, она использует кальций, магний, натрий, серу и микроэлементы. Особенно высокую потребность кукуруза имеет в цинке и марганце, и среднюю – в меди и боре. В процессе вегетации кукуруза поглощает с одного гектара до 90–200 г марганца, 80–250 г цинка, 19–20 г меди (С.А.Семина, 2007). Дефицит микроэлементов (бора, цинка) может возникнуть из-за недостатка их в почве или недоступной для растений кукурузы формы. Это чаще случается при нейтральной или щелочной реакции почвы. На ранних фазах роста и развития растения кукурузы из-за слабо развитой корневой системы страдают от недостатка марганца и цинка. В фазе интенсивного роста растения потребность в микроэлементах высокая, так как они активизируют ферментативную активность.

В основном почвы области соответствуют оптимальным параметрам почвенного плодородия для этой культуры. Средневзвешенный показатель рН по области составляет 5,02 ед., Р₂О₅ – 74 мг/кг, К₂О – 115 мг/кг почвы, содержание гумуса – 5,6 %. Вместе с тем более 20 % почв имеют низкое содержание гумуса (3,4–3,6 %) и 38 % – фосфора. Так очень низкое и низкое количество подвижного фосфора наблюдается на 60–71 % площади пашни в хозяйствах Сосновоборского (69,9 %), Никольского (60 %), Камешкирского (71 %), Мокшанского (61,6 %), Малосердобинского (68,9 %) районов.

98,3 % всей пашни области имеет низкое содержание доступного для растений цинка и 50,7 % – марганца. Лучше почвы обеспечены молибденом, более 50,9 % из них имеют среднюю

обеспеченность и только 2,1 % – низкую. Потребность в боре может быть удовлетворена за счет почвенных запасов, исключение составляют почвы с близкой к нейтральной – слабощелочной реакцией среды.

Каждый элемент выполняет строго определенные функции и не может быть заменен каким-либо другим элементом.

Азот. В жизнедеятельности кукурузы, как и всех живых организмов, азоту принадлежит ведущая роль. При недостатке азота в ранний период вегетации замедляется рост растений и образование хлорофилла, снижается интенсивность фотосинтеза и белкового обмена. Нарушение жизненных процессов вследствие азотного голодания вызывает пожелтение листьев, преждевременное их отмирание, что отрицательно сказывается на продуктивности растений и качестве зерна. В то же время при избытке азота в почве медленно прорастают семена и запаздывают всходы, увеличивается расход влаги на транспирацию, снижается устойчивость растений к вредителям и болезням.

Фосфор способствует увеличению длины корней, их поглощающей поверхности, что особенно важно для Пензенской области, где часто повторяются весенние засухи. Он входит в состав нуклеиновых кислот, играет важную роль в накоплении углеводов

Калий. Роль калия сводится к образованию и передвижению углеводов, участию в фотосинтезе, белковом обмене, а также в повышении устойчивости растений к грибным заболеваниям.

Кальций усиливает обмен веществ в растениях, влияет на превращение азотистых веществ, ускоряет распад запасных белков семени при прорастании, придает (как и калий) механическую прочность клеточным стенкам кукурузы.

Магний входит в состав молекулы хлорофилла и принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Входит также в состав пектиновых веществ и фитина, который накапливается преимущественно в семенах. Повышает водоудерживающую способность и снижает транспирацию.

Медь повышает интенсивность фотосинтеза и дыхания, положительно сказывается на углеводно-белковом обмене, повышает засухоустойчивость растения.

Молибден участвует в белковом обмене, определяя редукцию (восстановление) нитратного азота в растениях. Он необхо-

дим для нормального роста кукурузы при выращивании ее на аммиачном, т. е. восстановленном источнике азота.

Цинк влияет на образование хлорофилла и развитие листьев, играет важную роль в дыхании растений, усиливает деятельность ферментов.

Марганец участвует в реакциях биологического окисления, фотосинтезе, повышает водоудерживающую способность и снижает транспирацию.

Бор улучшает углеводный, белковый, нуклеиновый обмен. Усиливает рост пыльцевых трубок, прорастание пыльцы, увеличивает количество цветков и зерен кукурузы. При его недостатке особенно страдают молодые растущие органы. Прежде всего, происходит отмирание точки роста.

Железо участвует в образовании хлорофилла, активизирует дыхание кукурузы, способствует поглощению кислорода.

О наличии в почве доступных элементов питания и потребности культуры в них можно относительно точно судить по химическому анализу, а также по внешнему виду растений. Признаки голодания растений кукурузы приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Внешние признаки недостатка элементов минерального питания у кукурузы (по К.П. Магницкому, 1972)

Элемент	Признаки недостатка элементов
Азот	В молодом возрасте растения низкорослы, листья мелкие, бледно-зеленой и желтовато-зеленой окраски. Если растение испытывает азотное голодание продолжительное время, то средние жилки нижних листьев и прилегающие к ним ткани начинают желтеть и отмирать по направлению от верхушки листа к основанию (образуя по форме клин), а края листьев остаются бледно-зелеными. Через несколько дней весь лист становится желтым.
Фосфор	Недостаток фосфора часто проявляется в молодом возрасте – вскоре после появления всходов. Рост замедляется, нижние листья становятся темно-зелеными, с краев начинают приобретать фиолетовую окраску, которая может распространиться на всю поверхность верхней и нижней сторон листа. Фиолетовая окраска разной интенсивности может появляться на всех листьях. При остром голодании ткани на верхушках и краях листьев становятся коричневыми и отмирают. Фазы развития, особенно цветение и созревание, значительно запаздывают.

	Початки получаются небольшие, незаполненные, часто уродливой формы с искривлёнными рядами зерен. Если после появления всходов стоит холодная, дождливая погода, признаки фосфорного голодания усиливаются.
Калий	Листья растений становятся волнистые, темно-зеленой окраски; края их вначале бледнеют, а затем приобретают тёмно-коричневую окраску. Стебли невысокие, с короткими междоузлиями, в некоторых случаях перед уборкой сильно полегают. На пойменных и торфяных почвах калийное голодание у кукурузы часто проявляется, когда растения имеют 4-6 листьев. При сильном недостатке калия початки развиваются заостренными книзу.
Магний	Магниевое голодание может проявляться в ранние фазы, при образовании 4-6 листьев. Нижние листья при этом приобретают светло-зеленую окраску, на них наблюдается резкая полосчатость. Зеленые полосы по длине листа чередуются с желтыми. У кукурузы, растущей на кислых почвах, часть листьев может иметь красно-фиолетовую окраску; позднее между жилками появляются продолговатые светло-серые и бледно-коричневые пятна.
Кальций	Побеление молодых листьев. Вновь образующиеся листья искривленные, с неправильной формой краев. На этих листьях появляются пятна их отмерших тканей. Молодые листья слегка перекручиваются и засыхают. Позднее наблюдается засыхание и кончиков старых листьев. Корни короткие, ветвистые, отмирают и приобретают коричневую и тёмно-бурую окраску.
Марганец	Хлороз между жилками листа. Жилки остаются зелеными, и лист принимает узорчатый пестрый вид. Хлорозные участки листовой ткани между жилками имеют чаще желтоватую и палевою окраску. Затем происходит отмирание хлорозных тканей с появлением в определенных местах удлиненных пятен.
Медь	Хлороз листьев, потеря ими тургора. Увядание, задержка стеблевания, слабое образование семян. Побеление и засыхание кончиков листьев. Признаки недостатка меди наблюдаются на более молодых частях растения.
Цинк	Очень бледная окраска молодых, распускающихся листьев вскоре после появления всходов. Недостаток цинка известен как болезнь «белые ростки».
Молибден	Тормозится рост растений, растения приобретают бледно-зеленую окраску, листовые пластинки деформируются и листья преждевременно отмирают

Вынос элементов питания на создание урожая представлен в таблице 29.

Таблица 29 – Вынос питательных веществ на 1 тонну основной и побочной продукции, в кг

Продукция	Потребляется		
	азота	фосфора	калия
Зерно	25–35	10–15	30–40
Зеленая масса	2,5–3,0	1,2–1,5	45–50

Потребление элементов питания в период вегетации происходит неравномерно (рисунок 7).

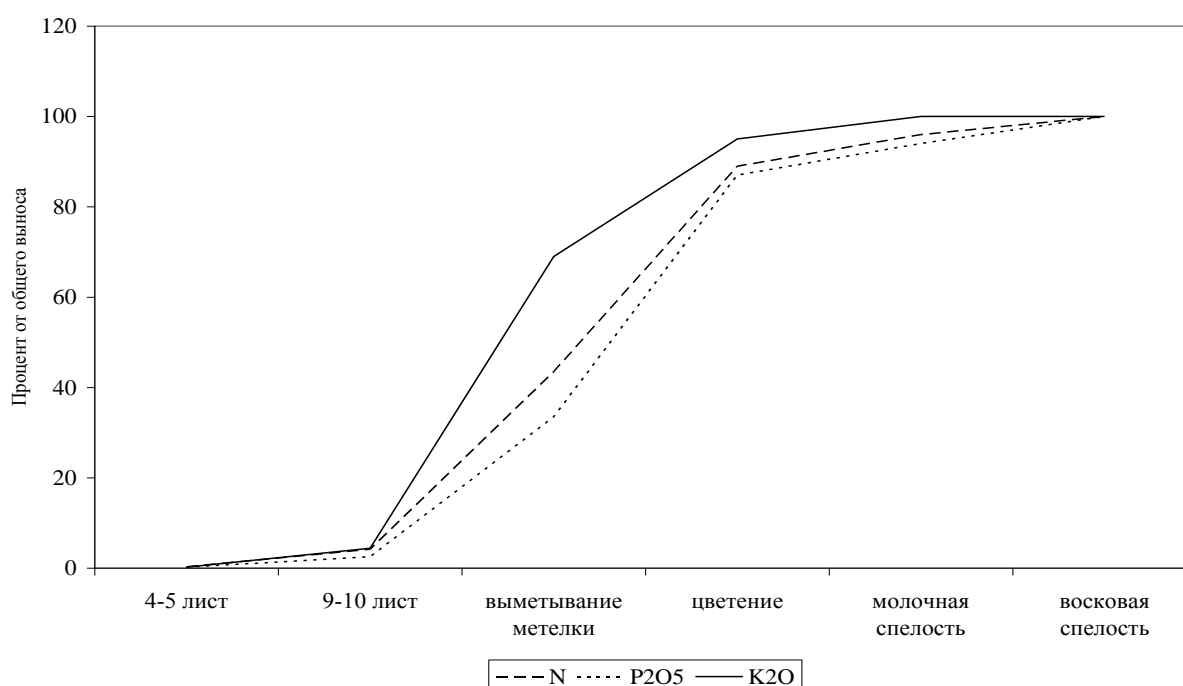


Рисунок 7 – Потребление элементов питания кукурузой в период вегетации

Несмотря на небольшой вынос питательных веществ в начальный период роста потребность в них достаточно высокая. Так, критический период по фосфору наступает через 10–15 дней после всходов, а по азоту и калию – от всходов до 4–6 листьев. Отсутствие или недостаток элементов в указанные сроки нельзя возместить внесением удобрений в более поздний период, урожайность кукурузы оказывается резко сниженной.

Максимальный вынос питательных веществ наблюдается в период от выбрасывания метелки и нитей початка до трех-

четыре недели после цветения. Потребление азота и фосфора продолжается до восковой спелости зерна, а калия заканчивается к периоду его налива. Учитывая такой характер потребления питательных веществ на серых лесных почвах, выщелоченных и оподзоленных черноземах кукуруза, прежде всего, отзывается на азотные удобрения. Фосфорные наиболее эффективны на типичных черноземах. Калийным удобрениям особое внимание следует уделять при выращивании кукурузы на легкосуглинистых и супесчаных почвах, а также в том случае, когда в севообороте ей предшествуют свекла, картофель, травы, выносящие из почвы много калия.

В системе агротехнических мероприятий, обеспечивающих повышение урожая и его качество, а также улучшение плодородия почвы, большое значение имеет рациональное использование удобрений. Практика возделывания кукурузы показывает, что внесение удобрений обеспечивает значительную прибавку урожая зеленой массы, початков и зерна.

При выращивании кукурузы по интенсивной технологии органическим удобрениям принадлежит важная роль в повышении урожая. Они не только обогащают почву органическим веществом, всеми необходимыми элементами питания, но и способствуют устранению возможных отрицательных последствий от накопления в почве тяжелых металлов и снижению реакции почвенного раствора.

Лучшим удобрением является навоз. Навоз – полное удобрение, содержащее более 70 элементов питания. Содержание наиболее важных из них приведено в таблице 30.

С навозом в почву вносится большое количество микроорганизмов, которые, быстро размножаясь, способствуют превращению малоподвижных форм питательных веществ в легкоусвояемые формы. Навоз, разлагаясь, обеспечивает потребность растений кукурузы в углекислом газе в течение всего вегетационного периода, что улучшает процесс фотосинтеза.

Средняя норма внесения полуперепревшего навоза на черноземах области составляет 30 т/га, на серых лесных почвах – 50 т/га.

Таблица 30 – Содержание воды и питательных элементов в подстилочном навозе

Показатель	Наименование подстилочного навоза			
	КРС	Свиней	Овец	Лошадей
Влажность, %	75	70	65	70
Содержание макро и микроэлементов в навозе, кг/т				
N	5,0	5,0	8,0	6,0
P ₂ O ₅	2,5	2,0	2,5	3,0
K ₂ O	6,0	6,0	6,5	6,5
CaO	4,0	1,8	3,3	2,1
MgO	1,1	0,9	1,8	1,4
SO ₄	0,6	0,8	1,5	0,7
Mn	112,5	102,6		91,5
Zn	38,3	68,7		36,0
Cu	8,4	12,7		6,2
B	3,8	3,1		следы
Mo	0,2	0,2		0,2
Co	0,3	0,3		0,3

Навоз следует вносить в чистом пару, что позволяет обеспечить более чистые от сорняков поля для кукурузы.

Таблица 31 – Урожайность зеленой массы кукурузы в севооборотах (учебно-опытное хозяйство Пензенской ГСХА)

Система удобрения	Урожайность, т/га	
	зернопаропропашной севооборот	зернотравянопропашной севооборот
Нулевая (без удобрений)	26,6	21,1
Органическая	33,6	25,7
Минеральная	35,9	27,8
Органо-минеральная	41,4	29,5
Органо-минеральная с пожнивной сидерацией	45,6	31,1

Примечание. Навоз – 40 т/га, N₆₀P₄₀K₄₀.

Вместе с тем, хорошо подготовленный навоз можно использовать непосредственно под кукурузу, но вносить его следует под зяблевую обработку почвы. Внесение весной под культивацию в сравнении с осенним использованием под вспашку, уменьшает

положительное влияние навоза и увеличивает засоренность посева кукурузы. Опыты свидетельствуют, что на участках, где навоз вносился весной, урожайность кукурузы была на 12 % меньшей, чем на участках, унавоженных той же нормой с осени.

Исследования, проведенные в учебно-опытном хозяйстве Пензенской ГСХА показывают, что использование 40 т/га навоза в паровом звене севооборота обеспечивает прибавку зеленой массы кукурузы 4,6–7,0 т/га (таблица 31).

Высокое положительное действие на урожайность кукурузы оказывает птичий помет.

Многочисленные опыты Пензенского НИИСХ, кафедры почвоведения и агрохимии Пензенской ГСХА показывают высокую эффективность зеленого удобрения, как в сидеральных (донниковых или клеверных) парах, так и в промежуточных посевах. Так, при запашке зеленой массы редьки масличной в почву поступает 3,4–4,1 т/га органического вещества, а заделка в почву поукосного люпина желтого по эффективности приравнивается к внесению 20–30 т/га навоза. Для условий области можно рекомендовать севооборот для выращивания кукурузы с использованием зеленого удобрения (таблица 32). Наиболее быстродействующими являются минеральные удобрения. Важное значение для получения высоких урожаев кукурузы имеют их дозы, сроки и способы применения.

Если хозяйство не имеет возможности вносить удобрения с осени, то минеральные удобрения следует внести весной до сева кукурузы. Вместе с тем, внесение фосфорных и калийных удобрений весной под культивацию зяби в условиях области малоэффективно из-за того, что при заделке основная масса удобрений распределяется в самом верхнем, часто пересыхающем, слое почвы, вне зоны активной деятельности корневой системы растений. Эффективность их повышается только при высокой влажности почвы. Весной под культивацию следует вносить азотные удобрения в любой форме.

Припосевное удобрение (в рядки при посеве) обеспечивает растение питательными веществами в первоначальный период их развития. При этом создаются благоприятные условия для питания молодых растений, которые быстрее развиваются, легче переносят временный недостаток влаги. Вносить удобрения одно-

временно с севом кукурузы можно только с помощью сеялок, оборудованных туковысевающими аппаратами. Для припосевного внесения лучше использовать не смеси односторонних удобрений, а сложные удобрения с близким соотношением в них азота и фосфора. При недостатке удобрений следует их вносить при посеве в дозе $N_{10} P_{10}$ при достаточной влажности почвы и при недостаточной влажности – только фосфор в дозе 10 кг/га. Смешивать минеральные удобрения с семенами и совместно высевать не рекомендуется, так как повышенная концентрация солей в непосредственной близости от семян снижает их полевую всхожесть

Таблица 32 – Возможное использование сидерации в севообороте

№ поля	Культура	Перечень операций
1	Картофель ранний (средний), сидераты озимые (озимая рожь + вика мохнатая)	Боронование весной под картофель, культивация, посадка, междурядные обработки, скашивание ботвы, уборка. Дискование, сев озимых сидератов.
2	Сидеральный пар	Скашивание и разбрасывание биомассы сидератов, заделка ее дискатором, культивация, сев озимой пшеницы.
3	Озимая пшеница	Подкормка, боронование, уборка урожая с измельчением соломы, зяблевая обработка.
4	Кукуруза на зерно	Боронование, две культивации, сев, боронование до и после посева, междурядные обработки, уборка, зяблевая обработка.
5	Ячмень + сидерат пожнивной (горчица белая + вика яровая)	Боронование, культивация, сев, уборка с измельчением соломы. Дискование под сидерат, культивация, сев. Заделка массы дискованием в два следа. Чизелевание.

Эффективность локального внесения при посеве в 1,5–2,0 раза выше, чем при основном использовании.

Необходимость проведения подкормки основывается на данных растительной химической диагностики. Анализируют по фазам вегетации кукурузы индикаторные органы для определения

обеспеченности последних макро- и микроэлементами в процессе формирования урожая.

На полях, не получивших удобрений осенью или весной при севе, необходимо провести подкормку кукурузы. Проводят ее в период образования трех-пяти листьев (на легких почвах) или шести-восьми листьев (на суглинистых почвах) культиваторами-растениепитателями. В этом случае растения получают питательные вещества через корневую систему.

Поверхностно внесенная подкормка твердыми удобрениями в условиях области чаще малоэффективна из-за недостатка влаги в почве. В годы с достаточным увлажнением отмечается высокая эффективность азотных удобрений при разбросном способе.

Наиболее целесообразна некорневая подкормка вегетирующих растений кукурузы, проводимая растворами азотных или сложных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, при образовании пяти-восьми листьев.

Некорневая подкормка растений азотными удобрениями и микроудобрениями осуществляется путем опрыскивания.

Для некорневых подкормок можно использовать водный раствор карбомида (мочевины) или КАС – водный раствор карбомида и аммиачной селитры.

Применение некорневой подкормки микроудобрениями гарантированно обеспечивает растения микроэлементами в наиболее доступных формах именно в критический период развития, что стимулирует рост наземной массы и процессы корнеобразования, а следовательно, и повышение урожайности.

В качестве микроудобрений используют акварин, кристаллон, кемиру, ЖУСС и их аналоги по составу элементов питания. Хорошие результаты в условиях области дает некорневая подкормка кристаллоном в фазе пяти-восьми листьев. Она стимулирует развитие корневой системы, способствует повышению засухоустойчивости и лучшему формированию початка (таблица 33).

Применять удобрения можно в комплексе с пестицидами, разрешенными для использования на посевах кукурузы. При этом следует соблюдать следующие правила смешивания растворов:

1. Нельзя в маточный раствор микроудобрений добавлять средства защиты растений (СЗР), другие жидкие микроудобрения

в чистом виде. Следует в рабочий раствор СЗР добавлять маточный раствор микроудобрений;

Таблица 33 – Дозы и способы внесения микроэлементов под кукурузу

Содержание в почве, мг/кг	Доза и способы внесения, г/га д. в.			
	в почву		некорневая подкормка	предпосевная обработка семян
	до посева	в рядки		
Молибден				
<0,10	1500	800	200	0,01
0,10–0,22	1000	500	120	0,01
Цинк				
< 2,0	500	150	250	0,001
2,0–5,0	300	100	150	0,001

2. При приготовлении маточных растворов необходимо учитывать растворимость удобрений. Следует иметь в виду, что при разведении удобрений в большом количестве воды при низких температурах, растворимость снижается, поэтому воду следует подогревать до температуры 15–20 °С;

3. Перед смешиванием рабочих растворов должно обязательно проводиться контрольное тестирование на совместимость препаратов. Если раствор смешанных препаратов и удобрений через 15–20 минут не даст осадка, то можно проводить смешивание их в большом объеме и работать;

4. Допускается хранение маточных растворов в светонепроницаемой таре не более одних суток.

6.6 Удобрение овощных культур

Овощные культуры для человека являются незаменимым источником витаминов и минеральных соединений.

Минеральные и органические удобрения оказывают значительное влияние на качество овощной продукции. Например, повышенные дозы азотных удобрений, особенно при недостатке фосфорного и калийного питания приводят к накоплению нитратов в капусте, повышению поражения ее точечным некрозом – уменьшению плотности кочанов, увеличению отхода при хранении. Калийные удобрения повышают содержание сахаров, улуч-

шают вкусовые качества капусты, ее лежкость. Внесение под морковь и столовую свеклу свежего навоза вызывает ветвление корнеплодов, что снижает их товарность и ухудшает лежкость при хранении. Наиболее благоприятное в этих культурах соотношение $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 1 : 1,7$.

Овощные культуры очень требовательны к почвенному плодородию и дают хорошие урожаи на окультуренных серых лесных, пойменных и черноземных почвах.

Овощные культуры выносят много питательных элементов. Из почвы они усваивают 5–10 % фосфора, 30–60 % калия, а из минеральных удобрений – 50–70 % азота, 15–30 % фосфора и 60–80 % калия. Интенсивность поглощения питательных элементов у овощных культур различна: наибольшая – у капусты; медленно поглощают их лук, морковь, столовая свекла; промежуточное положение занимают томаты. Наиболее короткий вегетационный период у редиса, салата и шпината, поэтому они требуют усиленного питания с первых дней вегетации.

Отношение овощных культур к концентрации солей в почве – неодинаковое. Наиболее чувствительны к ней, особенно на минеральных почвах, лук и чеснок, поэтому под них лучше сочетать небольшие дозы минеральных удобрений с органическими. Свекла столовая, томаты, морковь хорошо переносят минеральные удобрения, и их целесообразно размещать после удобренных навозом предшественников.

Овощные культуры чувствительны к кислотности почвы, наличию в ней подвижных форм марганца. Обычно оптимум рН минеральных почв для них составляет 6,0–7,5. Томат, редька и репа более устойчивы к кислотности, чем капуста, свекла, огурцы, морковь, бобы, сельдерей, лук, чеснок, фасоль. Капуста на кислых почвах сильно поражается килой. Известкование позволяет освободиться от этой болезни. Эта культура очень чувствительна к содержанию в почве подвижных форм алюминия и марганца.

Отзывчивость овощных культур на удобрения неодинакова. Капуста белокочанная, краснокочанная, брюссельская, китайская, листовая, укроп, салат, шпинат и ревень предъявляют повышенные требования к азоту.

Наиболее требовательными культурами к уровню фосфорного питания являются: капуста кочанная, цветная, брюссельская, цикорий, тыква, морковь сельдерей, хрен.

К уровню калийного питания среди овощных культур наибольшей требовательностью отличаются капуста белокочанная, цветная, свекла столовая, морковь столовая, тыква, кабачок. Меньшая потребность – у томата, огурца, чеснока, редьки, шпината. Слабая отзывчивость на калийные удобрения у щавеля, салата, лука (на перо).

Основное количество органических, и фосфорных и калийных удобрений под овощные культуры вносят осенью под зяблевую вспашку, азотные – весной. Эффективно внесение удобрений при посеве в рядки, особенно при выращивании мелкосемянных и ранних культур (редис, салат, шпинат, укроп, морковь, свекла). Под морковь и лук вносят только фосфорные удобрения, а под огурцы, свеклу, томаты, капусту белокочанную – полное минеральное удобрение.

Если до посева были внесены не все удобрения, возможна подкормка растений азотными удобрениями, а при необходимости – и полным удобрением во время междурядной обработки почвы. При первой подкормке удобрения вносят на расстоянии 6–8 см от растений на глубину 5–8 см, при второй – в середину междурядья на глубину 10–12 см.

Капуста белокочанная хорошо растет на нейтральных почвах с pH_{KCl} 6,5–7,2. На кислых почвах она поражается килой, особенно ранняя капуста. Эта культура потребляет питательные вещества на протяжении всего вегетационного периода (от 60 до 140 дней, в зависимости от сорта). В первый месяц после высадки рассады капуста растет медленно и поглощает всего около 10 % азота, 7 % фосфора и 8 % калия. Максимальное количество питательных элементов (около 80% азота, 86 фосфора и 84 % калия от максимальной потребности) она поглощает в период формирования кочана (40–50 дней). В зависимости от плодородия почвы и величины планируемой урожайности (40–60 т/га) дозы минеральных удобрений при внесении 40 т/га навоза под капусту колеблются: азота – от 60 до 120 кг/га, фосфора – от 30 до 120, калия – от 30 до 150 кг/га.

Навоз, фосфорные и калийные удобрения под капусту вносят осенью или весной под вспашку, азотные – весной, незадолго до высадки рассады. Это удобрение удовлетворяет потребности растений в питательных элементах в течение всего периода роста и развития, и, главным образом, в период максимального поглощения.

При высадке рассады эффективно использование небольшой дозы полного удобрения (по 10–15 кг/га д. в.), лучше комплексного (нитрофоски, нитроаммофоски и др.), которое обеспечивает растения питанием в течение первого месяца и способно повысить урожайность капусты на 5 т/га.

Подкормки капусты проводят азотными и калийными удобрениями при планировании высоких урожаев средне- и позднеспелых сортов (более 60 т/га), а также при выращивании ее на легких почвах (при этом лучше использовать магнийсодержащие калийные удобрения). Целесообразно через три недели после высадки рассады проведение некорневой подкормки капусты раствором макро- и микроэлементов. Для этого в 400 л воды (расход на 1 га) растворяют 60 кг мочевины, 3 кг сульфата калия, 4 кг сульфата магния и по 50 г молибдата аммония, сульфатов цинка, меди и железа.

Столовые корнеплоды (морковь, свекла). В расчете на 1 т урожая морковь выносит 2,3 кг азота, 1,0 – фосфора и 3,8 кг калия, свекла – 2,7, 1,5 и 4,3 кг, соответственно. Это калиелюбивые культуры. Соотношение основных питательных элементов (N : P₂O₅ : K₂O) в урожае моркови составляет 1 : 0,4 : 1,6, свеклы – 1 : 0,56 : 1,6.

Динамика поглощения их тесно связана с нарастанием сухой биомассы, и ее необходимо учитывать при разработке системы удобрения культур. Наилучшее обеспечение растений питанием имеет место при сочетании внесения удобрений в разные сроки и на разную глубину.

В первый период роста морковь и свекла поглощают большое количество питательных элементов. В это время питание идет из неглубоких слоев почвы, где расположены невысокие дозы удобрений, внесенных при посеве в рядки. Наибольшее количество питательных элементов корнеплоды поглощают в период интенсивного роста. Питание в это время обеспечивается

удобрением, внесенным под глубокую обработку почвы осенью или ранней весной до посева (основное удобрение).

Морковь и свекла хорошо растут на почвах со слабокислой и нейтральной реакцией и положительно отзываются на известкование кислых почв. При известковании снижается подвижность многих микроэлементов, в том числе бора, при недостатке которого столовая свекла снижает урожайность и может заболеть сердцевинной гнилью («гниль сердечка»).

Морковь отрицательно реагирует на высокие концентрации почвенного раствора. Предельная доза азота под морковь 90 кг/га, столовую свеклу – 90 кг/га. При более высоких дозах ухудшается качество корнеплодов, происходит накопление в них нитратов.

Столовые корнеплоды положительно реагируют на натрий, поэтому калийная соль имеет преимущество перед другими калийными удобрениями.

Морковь и свекла отзывчивы на внесение перепревшего навоза, однако нельзя использовать свежий навоз, это ведет к ветвлению корнеплодов, ухудшению их формы, особенно у моркови, снижению лежкости и товарной ценности продукции. Поэтому столовые корнеплоды рекомендуют размещать на второй год после внесения органических удобрений.

Система удобрения корнеплодов складывается из основного удобрения и небольших доз минеральных удобрений, внесенных в рядки вместе с высевом семян. На легких почвах фосфор основного удобрения вносят осенью под вспашку, азот и калий – весной под культивацию. Лучшим калийным удобрением в данном случае является калимагnezия, в нем кроме калия есть и магний.

На посевах свеклы можно проводить две, а моркови – одну подкормку минеральными удобрениями. Первую подкормку моркови проводят – через две-три недели после всходов, столовой свеклы – при появлении одного-двух настоящих листочков, вторую – в начале формирования корнеплода свеклы.

Огурцы имеют короткий вегетационный период (от 40 до 75 дней в зависимости от сорта) с интенсивным потреблением питательных элементов, слабую корневую систему, расположенную, в основном, в верхнем слое почвы, что делает их очень требовательными к ее плодородию.

Лучшими являются окультуренные и плодородные почвы с нейтральной реакцией среды ($pH_{КС1}$ 6,5–7,0). При низком содержании в почве питательных элементов огурец растет плохо и высокий урожай получить трудно.

Динамика поглощения питательных элементов зависит от интенсивности накопления растениями сухой биомассы. В первые 15–20 дней растения огурца поглощают небольшое количество азота, фосфора и калия, а в период интенсивного роста вегетативных органов и образования плодов, когда происходит самое сильное нарастание сухой биомассы, поглощение питательных элементов – максимальное. В расчете на 1 т плодов с учетом вегетативной биомассы огурцы выносят 3,0–3,2 кг азота, 1,5–1,9 – фосфора и 4,4–5,5 кг калия.

Огурец очень чувствителен к концентрации солей в почвенном растворе, поэтому под него лучше использовать органические удобрения, на повышенные дозы которых он очень отзывчив. Лучше использовать свежий навоз, так как он улучшает тепловой режим, усиливает микробиологическую активность почвы, повышает снабжение растений углекислотой, которая хорошо усваивается стелющимися стеблями и листьями. Хороший эффект дает сочетание органических удобрений с минеральными (лучше использовать высококонцентрированные удобрения).

Учитывая короткий вегетационный период, система удобрения огурца на почвах со средним содержанием подвижных форм питательных элементов складывается из трех звеньев – основного, рядкового удобрения и подкормки. Навоз (40–60 т/га), фосфорные и калийные удобрения (Р60К60–90) лучше вносить осенью под вспашку, азотные (N60) – весной под культивацию, при посеве – N10P10K10, в фазу двух-трех листьев – N20–30 в подкормку (корневую). На легких почвах все основное удобрение вносят весной под культивацию или дискование. Предельно допустимая доза азота под огурцы – 90 кг/га, ее повышение приводит к накоплению в плодах нитратов. ПДК нитратов в плодах огурца открытого грунта 150, защищенного – 300 мг/кг сырой массы.

При высокой и очень высокой обеспеченности почвы питательными элементами под огурец используют только органические удобрения и азотные, а рядковое удобрение и подкормки – неэффективны.

Хороший эффект дает обработка семян 0,1 %-м раствором борной кислоты.

Томаты относительно других овощных культур потребляют немного элементов питания и являются калиелюбивой культурой.

В расчете на 1 т плодов ранние сорта потребляют 2,0–3,5 кг азота, 0,7–0,9 – фосфора и 4–5 кг калия, среднеспелые – соответственно: 3,0–4,0, 0,8–1,2 и 5,0–6,0 кг.

Оптимальный интервал кислотности почвы для томата соответствует $pH_{КС1}$ 5,6–6,7. Томаты плохо переносят избыток кальция и чувствительны к его недостатку. В связи с этим, известкование лучше проводить доломитовой мукой. При недостатке кальция на верхушках плодов томата образуется сухая гниль в виде черных округлых пятен.

Корневая система томатов мочковатая, хорошо развитая, способная проникать на глубину 100–120 см и охватывать большой объем почвы, поэтому важно правильно организовать их питание в строгом соответствии с потребностями растений.

Наиболее активно азот и калий поглощаются томатами в период интенсивного накопления органической массы. От избытка азотных удобрений интенсивно нарастает вегетативная масса, образуются пасынки и затягивается созревание плодов. Если на плодах около плодоножки появляется «зеленый воротник», это свидетельствует о недостатке питания растений калием или о несбалансированном азотно-калийном питании (с преобладанием азота). Плоды остаются неравномерно окрашенными и жесткими. Особенно недопустим избыток азота в начале роста растений, так как сильное развитие вегетативной массы ослабляет плодоношение.

Томаты очень отзывчивы на фосфорные удобрения. Поглощение фосфора заканчивается к окончанию нарастания листовой массы, когда начинают завязываться плоды. На фоне умеренного азотного питания фосфорные и калийные удобрения способствуют дружному созреванию плодов и улучшению их качества (накоплению сахаров, витамина С, снижению содержания нитратов). В плодах к созреванию накапливается до 70 % азота и фосфора и до 90% калия от всего поглощенного растениями количества.

Система удобрения томатов складывается из основного удобрения, припосевного (при выращивании рассады) и подкорм-

мок. Под томаты можно вносить органические удобрения (30 т/га перегноя, перепревшего навоза или компоста). Хорошие урожаи получают и при размещении этой культуры по удобренному навозом предшественнику. На окультуренных почвах можно ограничиться только минеральными удобрениями. Но органо-минеральная система удобрения является предпочтительнее.

На почвах с низким содержанием микроэлементов используют микроудобрения (борные, цинковые, марганцевые). Часто появляется необходимость во внесении борных удобрений, при известковании почв и на нейтральных почвах легкого гранулометрического состава. Они повышают содержание в плодах сахаров и витамина С. Их вносят в почву до высадки рассады в дозах 1–2 кг/га бора. При некорневой подкормке используют 500 г/га борной кислоты в виде водного раствора.

Репчатый лук хорошо растет на черноземах легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава. Оптимальной для него является близкая к нейтральной реакция среды (рН 6–7).

Корневая система у лука развита слабо, поэтому он предъявляет повышенные требования к наличию в почве питательных элементов в доступной форме. В расчете на 1 т урожая лук выносит 3 кг азота, 1,3 – фосфора и 4 кг калия. Он чувствителен к повышенной концентрации солей в почве, в связи с этим минеральные удобрения следует вносить дробно, используя подкормки, а лучше использовать органо-минеральную систему удобрения. Самые высокие урожаи лука получают, когда его выращивают по последствию органических удобрений, а минеральные удобрения вносят в средних дозах.

В первой половине вегетации лук использует больше азота, а во время формирования луковиц – фосфора и калия. Избыток азота во второй половине вегетации задерживает созревание луковиц. Для образования ароматических веществ луку необходима сера, поэтому лучшим азотным удобрением является сульфат аммония, а калийным – сульфат калия.

Система удобрения репчатого лука складывается из основного, припосевного удобрения и подкормки. При выращивании лука (20 т/га) на почвах со средней обеспеченностью питательными элементами и внесении под предшественник 40–60 т/га компоста или навоза под урожай лука 20 т/га до посадки (посева)

вносят по 90 кг/га азота и калия и 80 кг/га фосфора в виде минеральных удобрений. При посеве семян (чернушки) или посадке севка вносят 10–20 кг/га фосфора в виде суперфосфата. Подкормки в богарных условиях лесостепи Среднего Поволжья не эффективны.

6.7 Удобрение подсолнечника

Подсолнечник – основная масличная культура в среднем Поволжье. Лучшие сорта и гибриды его содержат свыше 50 % пищевого масла.

Эта культура обладает высокой экологической пластичностью. Подсолнечник развивает мощную корневую систему, проникающую на глубину 150–300 см. Это позволяет ему использовать влагу глубоких горизонтов почвы, не доступную для многих других полевых культур.

Подсолнечник не предъявляет особых требований к типу почвы и ее физико-химическим свойствам. Практически все почвы лесостепного Поволжья, в том числе и Пензенской области пригодны для его возделывания. Он хорошо растет и создает большое количество продукции, как на супесчаных, так и на суглинистых почвах разных типов, но наиболее благоприятны для него черноземные и лугово-черноземные с нейтральной или слабощелочной реакцией почвенного раствора. К ним, в первую очередь, относятся почвы южных и юго-восточных районов Пензенской области (Лопатинского, М.Сердобинского, Сердобского, Тамалинского, Камешкирского, Неверкинского, Кузнецкого). Несколько уступают им почвы Белинского, Каменского, Иссинского, Пензенского, Вадинского и Наровчатского районов.

Менее пригодны для возделывания подсолнечника почвы Сосновоборского, Городищенского, Шемышейского и правобережье Лунинского и Бессоновского районов. Вместе с тем при улучшении их плодородия можно рассчитывать на неплохие урожаи. Для увеличения содержания органического вещества в почвах этих районах следует использовать солому на удобрение, применять сидерацию, а для нейтрализации кислотности почв – известкование.

Подсолнечник в течение всего вегетационного периода нуждается в элементах минерального питания – азоте, фосфоре, калии, сере, магнии, железе, меди, боре и других. Каждый элемент выполняет строго определенные физиологические функции и не может быть заменен другим.

Важную роль в жизни подсолнечника играет **азот**. С ним связано образование белковых веществ, рост стеблей, величина листьев и корзинок. При недостатке азота листья становятся светло-зелеными, а иногда желтеют и отмирают. Избыточное количество азота приводит к затягиванию сроков созревания зерна, к снижению его масличности.

Фосфор усиливает развитие корневой системы, способствует закладке репродуктивных органов с большим количеством цветков в корзинке, снижает пустозерность, растения лучше переносят недостаток влаги в почве, продолжительность вегетационного периода заметно сокращается. В условиях Пензенской области недостаток фосфора в почвах ограничивает урожайность этой культуры. Очень чувствительны к недостатку фосфора растения в период от появления всходов до образования корзинки.

Калий регулирует концентрацию клеточного сока и способствует засухоустойчивости и жаростойкости растений. Характерной особенностью подсолнечника является его способность использовать питательные элементы, в частности калий, из труднодоступных соединений почвы.

На формирование 1 т семян расходуется: 50–60 кг азота, 20–25 кг фосфора и 100–120 кг калия.

Поглощение питательных веществ происходит неравномерно в течение всего вегетационного периода (рисунок 8).

Начальный период развития подсолнечника является критическим в отношении фосфора. Недостаток этого элемента в почве приводит к замедлению прорастания семян и ослаблению развития корневой системы.

Особенно много питательных элементов требуется подсолнечнику в период от бутонизации до цветения. В этот период происходит интенсивный рост и растения накапливают органическую массу. Ко время цветения он потребляет 60 % азота, 80 % фосфора, 50 % калия от общего выноса урожаем.

Наибольшее количество азота и калия подсолнечником потребляется от начала образования корзинки до созревания; фосфора – от всходов до цветения.

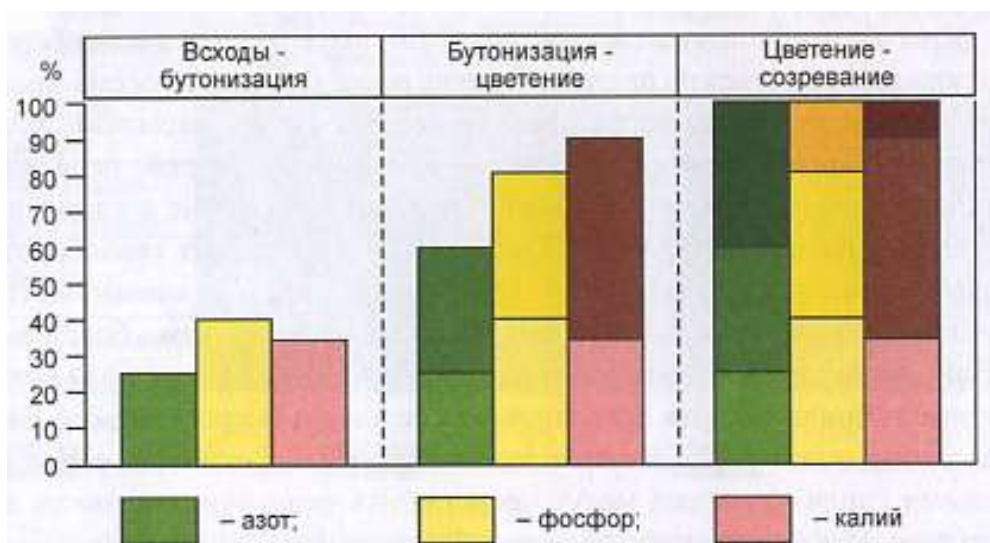


Рисунок 8 – Потребление элементов питания подсолнечником

Одним из факторов, обуславливающих создание биомассы подсолнечника, являются микроэлементы, значение которых по мере увеличения урожайности этой культуры возрастает. Микроэлементы принимают участие во многих физиологических и биохимических процессах. Они являются составной частью ферментов, витаминов, ростовых веществ, поэтому недостаток того или иного элемента может резко снизить как величину урожая, так и его качество.

Так, **бор** улучшает углеводный и белковый обмен в растениях, играет существенную роль в оплодотворении, создании пыльцы. При недостатке бора пыльца плохо или совсем не прорастает, отмирает верхушечная точка роста, наблюдается слабое завязывание семян.

Значение **цинка** для роста подсолнечника связано с его участием в азотном обмене, в делении клеток корня, что особенно важно для условий Пензенской области. Нарастание температур в конце апреля – начале мая месяца приводит к резкому снижению влажности в верхнем слое почвы, поэтому хороший рост корней в этот период играет важную роль в дальнейшем развитии подсолнечника. Цинк влияет на поступление фосфора в корни растения и транспорт его в наземные органы. При недостатке цинка у

подсолнечника сначала появляются хлоротичные пятна на листьях, затем вся пластинка листа приобретает светло-зеленый или почти желтый цвет. Растения становятся слабыми, особенно на почвах с низким содержанием органического вещества.

Марганец способствует избирательному поглощению питательных элементов из почвенного раствора, повышает водоудерживающую способность тканей растения, снижает расход воды на транспирацию. Положительно влияет на образование семян, ускоряет развитие. Дефицит марганца характеризуется хлорозом между жилками листа (пластинка приобретает желтый цвет, жилки остаются зелеными), растение подсолнечника задерживается в росте, но верхушечная точка роста не отмирает.

В период закладки корзинки, в зависимости от скороспелости гибрида (сорта), недостаток бора, цинка и марганца ведет к серьезному недобору урожая. При засухе и на известкованных почвах подсолнечник очень чувствителен к недостатку бора. При этом происходит снижение сопротивляемости болезням и неблагоприятным погодным условиям. Бор и марганец, применяемые на фоне NPK, при любых сроках внесения (от заложения корзинок до цветения) усиливают рост, ускоряют развитие и значительно до 5 ц/га повышают урожайность.

Удобрения – одно из эффективных средств повышения урожайности подсолнечника. Эффективность их применения зависит от биологических особенностей сорта (гибрида), обеспеченности почв доступными формами элементов питания, сроков и способов внесения. Система удобрения подсолнечника на черноземах, как правило, минеральная, на серых лесных почвах – органо-минеральная. В практике сельского хозяйства получили распространение три срока внесения удобрений: допосевное, припосевное и послепосевное.

Допосевное, или основное, внесение удобрений под подсолнечник предусматривает обеспечение растений элементами питания длительное время и совпадает с периодом его интенсивного роста и максимального потребления. Удобрения должны вноситься под зяблевую обработку почвы.

В качестве основного удобрения под подсолнечник применяют органические и минеральные удобрения. Из органических наибольшее значение имеет навоз, эффективность которого зави-

сит от условий увлажнения и температурного режима почв. Оптимальной нормой навоза является 20–30 т/га.

Эффективность минеральных удобрений в большой степени зависит от срока внесения, формы и дозы. В большинстве районов области на черноземных почвах эффективным является сочетание азотного и фосфорного удобрений при соотношении 1:1,5 или 1:1. Внесение калия оправданно только на почвах с небольшими запасами его доступных форм или на легких по гранулометрическому составу.

Внесение фосфорных (а при необходимости и калийных) удобрений следует проводить осенью под основную обработку почвы, азотных – весной под культивацию в целях предотвращения вымывания азота за пределы верхних слоев почвы осадками в осенне-зимний период.

Если хозяйство не имеет возможности вносить удобрения с осени, то их следует внести весной при севе подсолнечника. Внесение фосфорных (и калийных) удобрений весной под культивацию зяби в условиях области малоэффективно из-за того, что при заделке основная масса удобрений распределяется в самом верхнем, часто пересыхающем слое почвы, вне зоны активной деятельности корневой системы растений.

Припосевное удобрение (в рядки при посеве) обеспечивает растение питательными веществами в первоначальный период их развития. При этом создаются благоприятные условия для питания молодых растений, которые быстрее развиваются, легче переносят временный недостаток влаги. Вносить удобрения одновременно с севом подсолнечника можно только с помощью сеялок, оборудованных туковысевающими аппаратами. Для припосевого внесения лучше использовать не смеси односторонних удобрений, а сложные удобрения с близким соотношением в них азота и фосфора. При недостатке удобрений следует их вносить при посеве в дозе $N_{10} P_{15}$ при достаточной влажности почвы и при недостаточной влажности – только фосфор в дозе 15 кг/га. Смешивать минеральные удобрения с семенами и совместно высевать не рекомендуется, так как повышенная концентрация солей в непосредственной близости от семян снижает их полевую всхожесть.

Эффективность локального внесения при посеве в 1,5–2,0 раза выше, чем при основном использовании.

Послепосевное внесение удобрений (подкормка) характеризуется тем, что туки вносят после появления всходов.

Необходимость проведения подкормки основывается на данных растительной химической диагностики. Анализируют по фазам вегетации подсолнечника индикаторные органы для определения обеспеченности последних макро- и микроэлементами в процессе формирования урожая. Определяют содержание в растениях соединений в отдельности и общее их количество. В связи с этим химическая диагностика подразделяется на листовую и тканевую.

При *листовой диагностике* определяют общее их содержание после озоления проб листьев или других частей растения.

При *тканевой диагностике* анализируют свежие пробы растений на содержание в них неорганических форм соединений элементов.

По данным химического анализа растений вычисляют сбалансированность элементов питания подсолнечника, выявляют лимитирующий элемент.

Если при этом выявляют один лимитирующий элемент, при достаточном обеспечении другими, то подкормку проводят тем видом удобрения, действующего вещества которого недостает растению в данный момент.

На полях, не получивших удобрений осенью и весной при севе, необходимо провести подкормку подсолнечника жидкими или сухими туками из расчета 30 кг азота и 20 кг фосфора на гектар в период образования двух-четырех пар настоящих листьев, что обычно совпадает с первой междурядной культивацией. Подкормку твердыми удобрениями следует проводить внутрпочвенно культиваторами-растениепитателями. В этом случае растения получают питательные вещества через корневую систему.

Поверхностно внесенная подкормка твердыми удобрениями в условиях области чаще малоэффективна из-за недостатка влаги в почве. В годы с достаточным увлажнением отмечается высокая эффективность азотных удобрений при разбросном способе. Прибавка урожая семян от их использования составляет до 4–5 ц/га.

Эффективность подкормки зависит от потребности растений в данную фазу в дополнительном внесении питательных веществ, в том числе и микроэлементов.

Наиболее целесообразна некорневая подкормка вегетирующих растений подсолнечника, проводимая растворами сложных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, при образовании двух-четырёх пар настоящих листьев, но не позже десяти листьев. Некорневая подкормка растений азотными удобрениями и микроудобрениями осуществляется путем опрыскивания.

Для нее можно использовать водный раствор карбомида (мочевины) или КАС (водный раствор карбомида и аммиачной селитры).

Применение некорневой подкормки микроудобрениями гарантированно обеспечивает растения микроэлементами в наиболее доступных формах именно в критический период развития, что стимулирует процессы корнеобразования и заложения корзинки, а, следовательно, и повышение урожайности (таблица 34).

Таблица 34 – Дозы и способы внесения микроэлементов под подсолнечник

Содержание в почве, мг/кг	Доза и способ внесения, кг/га д. в.			
	в почву		некорневая подкормка	предпосевная обработка семян
	до посева	в рядки		
Марганец				
10	3,00	1,50	0,048	0,01
11–20	2,50	1,00	0,036	0,01
Бор				
< 0,33	0,50	0,15	0,12	0,001
0,34–0,70	0,30	0,10	0,10	0,001

В качестве микроудобрений используют акварин, кристаллон, кемиру, ЖУСС и их аналоги по составу элементов питания. Хорошие результаты в условиях области дает некорневая подкормка кристаллоном в фазе трех-четырёх пар листьев. Она стимулирует развитие корневой системы, способствует повышению засухоустойчивости и лучшему заложению и формированию корзинки.

Применять удобрения можно в комплексе с пестицидами, разрешенными для использования на посевах подсолнечника. При этом следует соблюдать следующие правила смешивания растворов:

1. Нельзя в маточный раствор микроудобрений добавлять средства защиты растений (СЗР), другие жидкие микроудобрения

в чистом виде. Следует в рабочий раствор СЗР добавлять маточный раствор микроудобрений;

2. При приготовлении маточных растворов необходимо учитывать растворимость удобрений. Следует иметь в виду, что при разведении удобрений в большом количестве воды при низких температурах, растворимость снижается, поэтому воду следует подогревать до температуры 15–20 °С;

3. Перед смешиванием рабочих растворов должно обязательно проводиться контрольное тестирование на совместимость препаратов. Если раствор смешанных препаратов и удобрений через 15–20 минут не даст осадка, то можно проводить смешивание их в большом объеме и работать;

4. Допускается хранение маточных растворов в светонепроницаемой таре не более одних суток.

Имеется несколько методов расчета доз удобрений. Наиболее простой из них нормативный. Норму основного удобрения устанавливают в зависимости от планируемой урожайности, нормативного расхода питательных элементов на получение 1 тонны зерна, содержания элементов питания в почве, главным образом подвижного фосфора, по результатам почвенной диагностики или по данным агрохимических картограмм и поправочного коэффициента на агрохимические показатели почвы данного поля.

Расчет доз элементов питания проводится по формуле

$$Д = У \times Н \times К,$$

где Д – доза удобрения, кг действующего вещества;

Н – норматив затрат элементов питания на создание 1 тонны зерна подсолнечника, кг.

В условиях Пензенской области он составляет: азота 40 кг, фосфора – 25 кг и калия – 22 кг.

Поправочный коэффициент на агрохимические показатели почвы:

- при средней обеспеченности фосфором и калием – 1,3;
- при повышенной обеспеченности фосфором – 1,0 и калием – 0,7;
- при очень высокой обеспеченности – 0,5.

Пример расчета дозы фосфора: плановая урожайность – 1,5 тонны семян с 1 гектара, содержание фосфора в почве – 58 мг/кг (средняя обеспеченность), норматив – 25 кг/т. Доза составит:

$$1,5 \times 25 \times 1,3 = 48,8 \text{ кг.}$$

Использовать для удобрения подсолнечника можно аммиачную селитру, мочевину, КАС, суперфосфат, аммофос и другие комплексные удобрения.

При расчете доз удобрений в подкормку используют данные растительной диагностики. При этом сопоставляют полученные величины при анализе растений с оптимальным содержанием элементов в тех же органах и фазах развития подсолнечника.

Оптимальные показатели содержания элементов питания в растениях подсолнечника представлены в Приложении 2.

Средняя доза внесения азота в подкормку в условиях черноземных почв области составляет 30 кг/га, фосфора – 20 кг/га, серых лесных почв – 45–60 и 20 кг/га, соответственно.

Фактическая доза элемента определяется по формуле

$$D_{\phi N} = \square \square D_o (N_{\phi} : N_o), \text{ кг/га,}$$

где D_o – средняя доза внесения элемента, кг/га;

N_{ϕ} – фактическое содержание элемента по данным растительной диагностики, проц.;

N_o – оптимальное содержание элемента, проц.

Чтобы сбалансировать содержание элементов питания с вносимыми удобрениями, для расчета применяют следующие формулы:

$$D_{\phi N} = D_{oN} \times \frac{N_o / P_o \times N_o / K_o}{N_{\phi} / P_{\phi} \times N_{\phi} / K_{\phi}}$$

$$D_{\phi P} = D_{oP} \times \frac{N_o / P_o \times K_o / P_o}{N_{\phi} / P_{\phi} \times K_{\phi} / P_{\phi}}$$

$$D_{\phi K} = D_{oK} \times \frac{N_o / K_o \times K_o / P_o}{N_{\phi} / K_{\phi} \times K_{\phi} / P_{\phi}},$$

где о и ф – индексы при элементах, означающие величины оптимального и фактического содержания элемента;

D_o – оптимальная средняя доза по области, кг/га;

D_{ϕ} – рассчитанная по балансу элементов, кг/га.

Во всех случаях оптимальные соотношения (N_o/P_o и т. д.) всегда должны быть в числителе, а фактические отношения (N_ϕ/P_ϕ и т. д.) – в знаменателе. В этом случае доза при недостатке элемента будет увеличена, при избытке элемента – уменьшена.

6.8 Удобрение рапса

Рапс – ценная масличная и кормовая культура, которая является важным резервом решения проблем растительного масла и кормового белка в России. Семена рапса содержат 42–48 % масла и 22–25 % протеина, хорошо сбалансированного по незаменимым аминокислотам. Наряду с этим рапс – источник зеленой массы на корм и сидераты. В современном земледелии в связи с перенасыщенностью севооборотов зерновыми культурами он играет особую фитосанитарную и средообразующую роль, являясь важнейшим фактором биологизации полеводства. В последнее время за рубежом рапсовое масло начало использоваться для производства биотоплива.

В лесостепном Поволжье выращивается как яровой, так и озимый рапс.

Наиболее подходят для рапса черноземы (оподзоленный, выщелоченный, типичный) и окультуренные серые лесные почвы легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава.

Малопригодны для возделывания рапса почвы песчаные из-за низкой влагоемкости, а также почвы с близким расположением грунтовых вод.

Оптимальные агрохимические показатели почв, соответствующие биологическим особенностям рапса, следующие: $pH_{\text{сол}}$ 5,6–7,0, гумуса – 2–7 %, содержание подвижного фосфора и обменного калия – 100–120 мг/кг.

Рапс – культура интенсивного типа минерального питания, которая на формирование 1 т семян, с учетом побочной продукции («соломой»), требует 55–70 кг азота, 25–35 – фосфора, 50–90 кг – калия, до 100 кг – CaO и 10 кг серы. Причем озимый рапс потребляет несколько больше питательных элементов, чем яровой.

В течение вегетации динамика поглощения питательных веществ существенно изменяется (рисунок 9).

В начальные фазы роста (всходы – розетка листьев) эта культура требует хорошей обеспеченности почвы элементами питания, но потребляет их немного. По мере роста и развития растений возрастает интенсивность потребления питательных веществ, достигая максимума в период стеблевания – цветения, когда за 30 дней потребляется около 60–70 % азота, фосфора и калия. Среднесуточное потребление азота и калия около 3 кг, фосфора – более 1 кг. В последующие фазы развития рапса темпы использования этих элементов питания снижаются и к моменту созревания семян практически прекращаются. В это время в растениях происходит перераспределение накопленных элементов питания из вегетативных органов в генеративные.

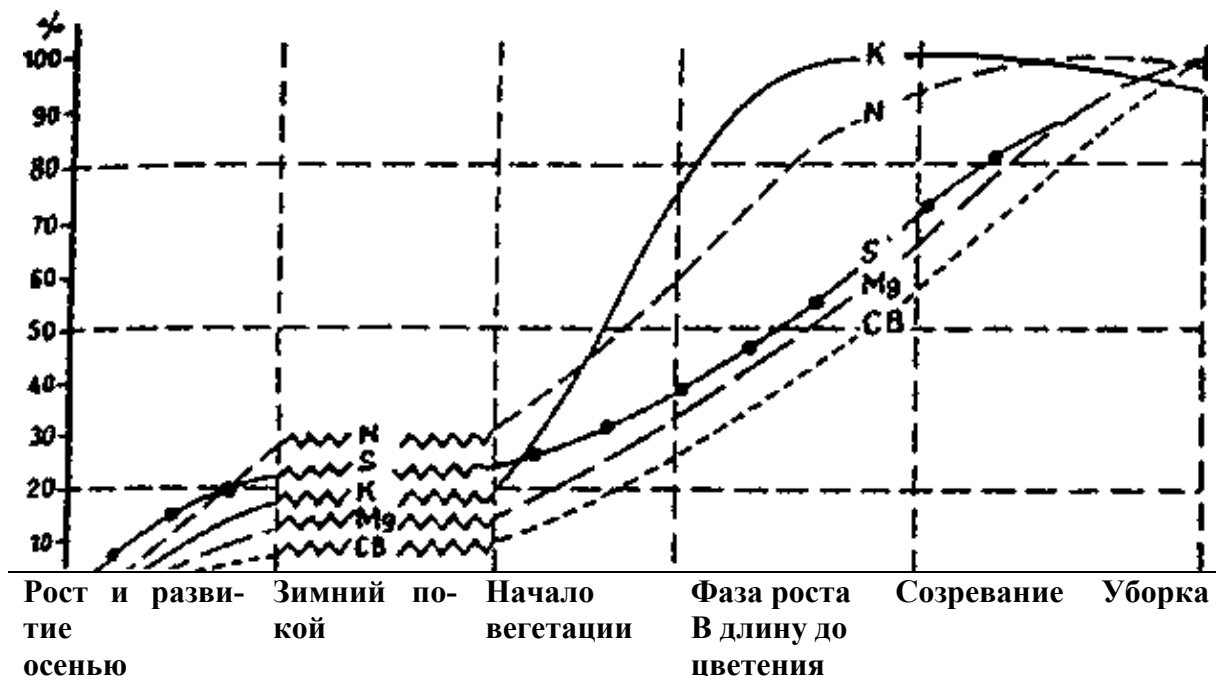


Рисунок 9 – Ход поглощения питательных веществ и образование сухого вещества

Система удобрения рапса – минеральная. Органические удобрения целесообразно применять на низкоплодородных почвах под предшествующие зерновые культуры из расчета 30–40 т/га в навозном эквиваленте.

Азот. Из минеральных удобрений рапс наиболее отзывчив на азотные. При недостатке азота растения плохо растут и развиваются, имеют светло-зеленую окраску с последующим пожелтением, высыханием и осыпанием листьев. Они могут иметь также окраску от желтой до красно-оранжевой с красными жилками.

Стебли становятся пурпурно-красными. Это приводит к резкому снижению урожая и качества семян. Поэтому внесение азотных удобрений является необходимым условием для получения высоких урожаев рапса.

В лесостепи оптимальные дозы азота удобрений под рапс составляли 60–80 кг/га, которые при прогнозе засушливых условий вегетации должны снижаться до 40 кг/га.

Под яровой рапс весь азот вносится весной под предпосевную подготовку черноземной почвы. На серых лесных, тяжелосуглинистых и глинистых почвах 50 % – под основную обработку и 50 % – под предпосевную, что обеспечивает равномерное снабжение растений азотом в течение всей вегетации.

На посевах озимого рапса, произрастающего на черноземах, целесообразно провести ранне-весеннюю подкормку азотом из расчета 40–60 кг/га.

При размещении рапса после зерновых культур, при уборке которых солома измельчается и разбрасывается по полю, необходимо для ее разложения и сокращения иммобилизации (потребления азота почвенными микроорганизмами) дополнительно внести азот из расчета 5–10 кг на каждую тонну соломы.

Применение азотных удобрений под яровой рапс в подкормку в течение вегетации в условиях правобережной лесостепи Среднего Поволжья малоэффективно из-за дефицита влаги. Применять азотную подкормку на посевах рапса в фазе трех-четырех настоящих листьев целесообразно только в том случае, если азотные удобрения до посева не вносились.

Все виды азотных удобрений как жидкие, так и твердые практически равноценны. Исключение составляет сульфат аммония, содержащий серу, на которую хорошо отзывается рапс.

Фосфор – важный элемент в питании рапса. При недостатке его листья приобретают темно-зеленую окраску, замедляется рост и формирование корневой системы. Внесение фосфорных удобрений позволяет растениям озимого рапса лучше переносить перезимовку, а также, как и яровому, весенне-летнюю (май – первая половина июня) засуху. Они ускоряют созревание семян и повышают продуктивность рапса.

В лесостепи оптимальная доза фосфора та же, что и азота. Вносят весь фосфор (за исключением 15–20 кг, которые используются при посеве) в основную подготовку почвы. Лучшим фосфорным удобрением является простой суперфосфат, в составе которого содержится 21 % серы. Хорошие результаты дают аммофос и диаммофос, нитрофос, нитроаммония фосфат.

Калий также необходим рапсу. При недостатке этого элемента задерживается рост растений. Особенно велика потребность в калии на ранних стадиях и при цветении. В случае калийного голодания старые листья сморщиваются на кончиках, появляется желтая окраска, которая распространяется к средней части листа. Затем наблюдается хлороз старых листьев и отмирание их тканей. Калийные удобрения повышают устойчивость растений к неблагоприятным погодным условиям как в период перезимовки озимого рапса, так и в течение весенне-летней вегетации.

Вместе с тем на черноземах Поволжья калийные удобрения малоэффективны. Их следует вносить только на серых лесных почвах легкого гранулометрического состава из расчета 60–90 кг/га K_2O . Лучше вносить в составе полного минерального удобрения под основную обработку почвы.

Сера – важнейший, необходимый элемент для формирования полноценных семян. Симптомы серного голодания – пожелтение молодых листьев, а в дальнейшем и всего растения. Молодые листья плохо развиваются, старые становятся бледно-зелеными с пурпурными краями, скручиваются. На растении образуется мало стручков, они плохо выполнены. Созревание задерживается. Семена получаются щуплыми.

При недостатке серы в растениях могут накапливаться нитраты и нитриты. Серное голодание проявляется прежде всего на легких серых лесных и оподзоленных черноземах Пензенской области.

При низкой обеспеченности почв доступной серой оптимальная доза ее составляет 20–40 кг/га, которую следует вносить под предпосевную культивацию в виде простого суперфосфата, сульфата калия, сульфата аммония, а на кислых почвах – сульфата кальция. Сера может поступать в почву с навозом, фосфогипсом как в чистом виде, так и в составе компостов. В 1 т навоза

содержится 4–6 кг серы, фосфогипса – 200 кг, в 1 центнере суперфосфата простого – 64 кг, сульфата аммония – 32, сульфата калия и кальция – 32 кг.

Серные удобрения можно вносить осенью, и часть – весной.

Для формирования высоких и стабильных урожаев рапса наряду с макроэлементами необходимы и микроэлементы (марганец, цинк, бор, медь и кобальт). Для черноземов области с большим содержанием гумуса характерна высокая обеспеченность бором, кобальтом, медью. Серые лесные, напротив, лучше обеспечены марганцем и цинком и хуже – бором, медью и кобальтом. Хотя в зависимости от особенностей плодородия почв, погодных условий в период вегетации на всех типах почв может отмечаться дефицит практически любого микроэлемента. Так, на полях прошедших известкование полной дозой извести часто отмечается недостаток бора. Молодые листья рапса блестят и загибаются, старые становятся плотными, кожистыми, с тусклой бархатистой поверхностью. Позднее по краям листьев образуется желто-оранжевое окаймление. При сильном борном голодании вокруг конуса нарастания появляется большое количество неразвитых листьев.

Применение микроэлементов под рапс должно осуществляться на основе диагностики обеспеченности почвы доступными микроэлементами и по отзывчивости на определенные микроудобрения. Для внесения микроудобрений можно использовать два способа – предпосевную обработку семян (при инкрустации) и некорневую подкормку в течение вегетации, совмещая ее с внесением инсектицидов.

На черноземах рапс стабильно положительно реагирует на внесение марганцевых, медных и кобальтовых удобрений. Марганцевые – лучше использовать для предпосевной обработки семян в дозе 1,5 кг/т, медные и кобальтовые в некорневую подкормку в дозах 210 и 70 г/га, соответственно, в фазу бутонизации – начала цветения.

На почвах с низкой обеспеченностью доступным бором борное удобрение при некорневой подкормке не увеличивает урожайности семян, но ускоряет их созревание. В качестве удобрения эффективен соллюбор ДФ 1–2 кг/га.

В настоящее время много новых марок комплексных микроудобрений, где микроэлементы, как правило, находятся в легкодоступной для растений хелатной форме (гидромикс, кристаллон, поли-фиды, ЖУСС, микромак, микроэл, купроцин, рексолин, террафлекс и др.). Кроме того, многие из них содержат и макроэлементы: азот, фосфор, калий, магний, серу и др. Комплексное использование макро- и микроудобрений при возделывании рапса является важным резервом его потенциальной продуктивности.

6.9 Удобрение сахарной свеклы

В Российской Федерации сахарная свекла является единственным источником получения сахара.

Сахарная свекла – это не только сахар. Листья сахарной свеклы по своей питательности не уступают клеверу; жом и меласса, получаемые при переработке корнеплодов, характеризуются высокой кормовой ценностью.

Отход сахарной промышленности – дефека́т в чистом сухом виде содержит около 80 процентов тонкодисперсного, и потому легкоусвояемого, карбоната кальция, 2–3 сахара, 3–5 белков, около одного процента калия и весь набор сбалансированных микроэлементов.

Сахарная свекла имеет большое агротехническое значение. Академик Д.Н. Прянишников писал, что возделывать корнеплоды на полях – это то же, что получать три колоса там, где рос один. Введение сахарной свеклы в севооборот значительно повышает его продуктивность – при урожайности 250 ц/га корнеплодов каждый гектар посевов свеклы дает 4500 кормовых единиц. Сама свекла – хороший предшественник для других культур.

Сахарная свекла сегодня решает многие экономические и социальные проблемы. Повышенный рыночный спрос на сахар, по сравнению с другими продуктами, быстро превращает сахарную свеклу из товара в деньги. Она обеспечивает работой и стабильными заработками не только жителей села, но и рабочих поселков.

Для получения высокого урожая с хорошими показателями качества корнеплодов необходимо обеспечение растений свеклы

элементами минерального питания в нужном количестве и оптимальном соотношении их в течение всего периода вегетации.

Сахарная свекла потребляет из почвы 85 различных химических элементов. Наиболее важными из них являются азот, фосфор, калий.

На каждую тонну корнеплодов и соответствующее количество ботвы она выносит из почвы 5–7 кг азота, 2–3 кг фосфора и 6–8 кг калия.

Кроме того, ей необходимы кальций, магний, натрий, сера, железо и микроэлементы: бор, марганец, кобальт, медь, цинк, йод, молибден. Особенно заметную роль микроэлементы играют в экстремальных условиях.

Кислые черноземы области имеют низкое содержание молибдена и серы, а на известкованных почвах наблюдается недостаток бора, и его внесение при этом обязательно.

Каждый из элементов является незаменимым, и недостаток любого из них задерживает рост и развитие растений.

Азот способствует образованию крупных листьев темно-зеленого цвета, интенсивному накоплению органического вещества и формированию крупных корнеплодов. Наиболее чувствительна сахарная свекла к недостатку азота в период формирования листьев. Максимальное потребление его происходит до момента смыкания растений в рядках.

При недостатке азота угнетается рост, листья становятся бледно-желтыми, прирост корнеплода затухает, снижается урожай.

При избытке азотного питания затягивается созревание корнеплодов, снижается сахаристость, повышается содержание общего и растворимого азота и золы, корни плохо хранятся.

Фосфор необходим для обмена веществ и синтеза сахарозы, он усиливает рост молодых растений, способствует делению клеток корня и повышает их морозо- и засухоустойчивость, ускоряет созревание корнеплода и повышает сахаристость.

При недостатке фосфора, особенно в ранний период жизни растений, задерживается рост листьев и корней. Листья приобретают тусклую темно-зеленую окраску с синеватым оттенком. Розетка листьев, как правило, бывает лежачей. К недостатку фосфо-

ра сахарная свекла наиболее чувствительна в молодом возрасте, начиная с набухания семени.

Калий участвует в углеводном и белковом обменах, способствует нормальному прохождению фотосинтеза, образованию сахаров в листьях, передвижению их к местам отложения, способствует улучшению водного режима в растениях, повышает их жароустойчивость. Наибольшее количество калия, как и фосфора, свекла потребляет во вторую половину вегетации.

При недостатке калия уменьшаются урожайность и сахаристость, устойчивость к заболеваниям, в частности, к церкоспорозу. Недостаток этого элемента проявляется в «запале» листьев, их кончики и края подсыхают, имеют как бы обожженный вид.

Кальций придает механическую прочность клеточным стенкам свеклы. Он способствует водному, углеводному и азотному обмену в растениях, развитию мощной корневой системы с корневыми волосками, нейтрализует вредную кислотность почвы. Наличие в почве кальция необходимо для нормального развития растений при питании их азотом в аммиачной форме.

Недостаток кальция вызывает нарушение процессов синтеза и заболевание корневой системы. Избыток его ухудшает поступление фосфора.

Магний оказывает положительное влияние на ускорение роста свеклы и повышение содержания сахара. Оптимальное соотношение кальция и магния колеблется в диапазоне 3/1–5/1. Повышенное содержание магния снижает поступление в растения калия.

При недостатке магния листья становятся хрупкими, наблюдается их мраморность, пожелтение и скручивание.

Натрий улучшает усвоение свеклой фосфора и калия, а также усиливает отток углеводов из листьев в корни. При его внесении повышается сахаристость корнеплодов.

Потребность в магнии и натрии удовлетворяется обычными формами минеральных удобрений, содержащими эти элементы в виде примесей.

Бор является катализатором фотосинтеза. Он улучшает окислительно-восстановительные процессы, белковый обмен. При достаточном обеспечении свеклы этим элементом увеличивается долговечность листьев, улучшаются технологические ка-

чества корнеплодов. Доступность бора для растений зависит от кислотности почвы. При $pH < 5,0$ он вымывается из нее, а при $pH > 7,5$ – адсорбируется почвенными частицами. В обоих случаях снижается содержание водорастворимого бора в почвенном растворе, и, следовательно, его доступность для растений.

Недостаток бора приводит к гнили сердечка, листья свеклы желтеют, отмирает точка роста. При его отсутствии прекращается деление клеток растения. От недостатка бора отмирают молодые листья и верхняя часть свеклы, корнеплоды загнивают.

Для устранения недостатка бора посеvy опрыскивают спидфолом Б (0,5–2,5 кг/га) или борной кислотой (0,2–0,5 кг/га), совмещая с гербицидными обработками.

Марганец участвует в процессах фотосинтеза, дыхания, углеводном и белковом обменах. Он способствует лучшему усвоению азота, фосфора и калия, улучшает отток углеводов из листьев в корнеплоды. Признак марганцевого голодания – маленькие светлые пятна на старых листьях культуры.

При этом посеvy свеклы опрыскивают раствором сульфата марганца – 12 кг/га.

Сера – обязательный компонент белков.

При недостатке ее свекла плохо развивается, листья покрываются бурыми пятнами и желтеют, корни буреют. Железо участвует в образовании хлорофилла, активизирует дыхание свеклы, способствует поглощению кислорода.

Недостаток железа вызывает у растений хлороз (листья обретают светло-желтую окраску).

Медь повышает интенсивность дыхания и фотосинтеза, устойчивость свеклы к ряду грибных и бактериальных болезней, положительно сказывается на углеводном и белковом обмене.

При недостатке меди свекловичные высадки не образуют семян. Поступление элементов питания в растения сахарной свеклы происходит на протяжении всей вегетации. Но в разные периоды роста и развития растение потребляет неодинаковое их количество (рисунок 10).

Хотя сахарная свекла требует большого количества элементов питания в виде солей, в фазе прорастания она очень чувствительна к их повышенной концентрации. Опасность состоит в том, что этим вызывается изреживание всходов, особенно на легких и

бедных гумусом почвах. Весной под свеклу почву нельзя глубоко рыхлить, поэтому глубину заделки удобрений уменьшают, а это увеличивает концентрацию солей в зоне проростков. Кроме того, сокращается время между внесением удобрений и посевом, что снижает продолжительность реакции между почвой и питательными солями, повышая опасность их токсичного действия на молодое растение.

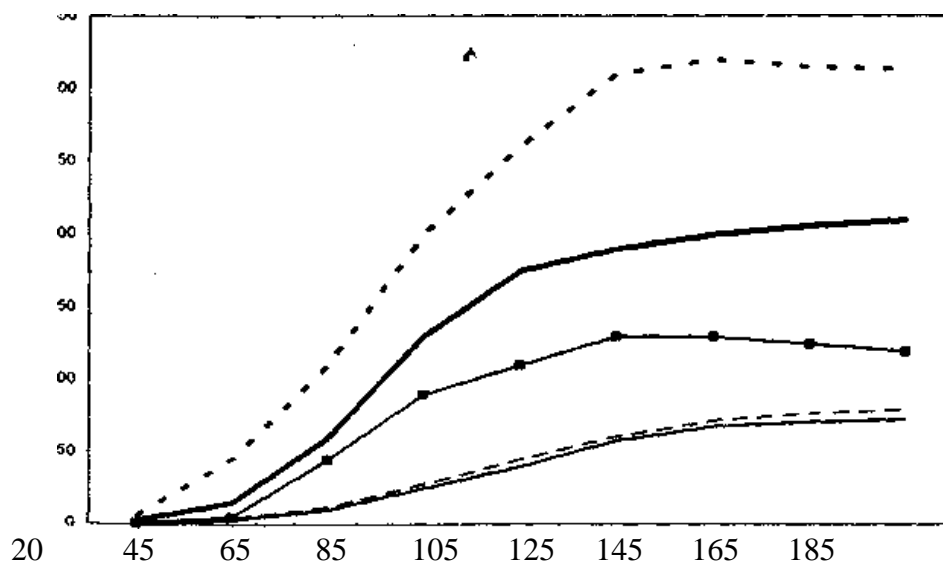


Рисунок 10 – Поглощение питательных веществ сахарной свеклой в течение периода вегетации

Повышенная кислотность почвы угнетает растения свеклы, ухудшает развитие корневой системы, влияет на выход сахара. Сахарная свекла наиболее чувствительна к кислотности почвы в начальный период роста.

Помимо непосредственного отрицательного действия на растения повышенная кислотность оказывает многостороннее косвенное воздействие. Оно состоит в том, что при этом угнетается жизнедеятельность микроорганизмов, и в первую очередь, тех, которые принимают участие в трансформации азота. Оптимальный интервал рН для нитрификаторов колеблется в пределах 6,5–7,9, азотобактера 6,5–7,8, клубеньковых бактерий клевера и люцерны 6,5–7,9.

По данным Л.В. Попрядухиной (Пензенский СХИ), с увеличением кислотности чернозема выщелоченного резко снижается количество нитрификаторов. В опытах установлено, что содер-

жание их в 1 г абсолютно сухой почвы составляло: при рН 6,0 – 28,3 тыс.; рН 5,3 – 13,1; рН 4,35 – 5,3 тыс.

Повышенная кислотность стимулирует развитие болезней, создает благоприятные условия для корневых заболеваний (рисунок 11). Кислая реакция почвы уменьшает доступность питательных веществ как самой почвы, так и удобрений. Поэтому все почвы, имеющие рН < 5,5, нуждаются в известковании.



Рисунок 11 – Развитие корневых заболеваний при повышенной кислотности почвы

Возможно содержание действующего вещества в известковых материалах указано не в виде CaCO_3 , а в форме MgCO_3 , CaO или Ca(OH)_2 .

Продолжительность последствия известкования зависит от дозы мелиоранта. При внесении, например, 3–4 т извести на 1 га действие ее может продолжаться 5–7 лет, а при внесении 6–8 т – 10–15 лет и более.

Область располагает большими запасами кальцийсодержащих материалов для мелиорации почв (мергеля, мела, доломитовой муки, дефекационной грязи), которые показывают высокую эффективность на сахарной свекле (таблица 35).

Наиболее широко дефекация используется в хозяйствах Каменского района. Так, в СПК «Атмисский» дефекация на второй год действия повысила урожайность корнеплодов свеклы на

10,0–30,5 ц/га. Наибольший эффект обеспечили нормы дефеката, рассчитанные по полуторной и двойной гидролитической кислотности – урожайность составила 210–211 ц/га при 180 ц/га без мелиоранта. Дальнейшее увеличение нормы не обеспечивало роста урожая.

Таблица 35 – Влияние местных известковых материалов на урожайность и сахаристость корней сахарной свеклы, 1991-1993 гг., Пензенская ГСХА

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая,	Сахар, %	Выход сахара, ц/га
Без удобрений – контроль	470	-	14,3	67,2
НРК – фон	486	16	14,4	70,1
Фон + доломитовая мука	508	38	15,8	80,5
Фон + дефекат	516	46	15,1	77,9
Фон + мергель	504	34	15,2	76,6

Важным условием при известковании является равномерное разбрасывание материала и тщательное перемешивание его с почвой. Поэтому вносить известковые материалы надо сразу же после уборки предшественника сахарной свеклы, заделывать сначала луцильником, а затем уже проводить вспашку.

Использовать в пару лучше доломитовую муку и мергель, так как наибольший эффект от их применения проявляется на третий год, что будет способствовать хорошему развитию свеклы. Непосредственно под сахарную свеклу лучше вносить дефекат, его раскисляющее действие проявляется уже в первый год.

В севооборотах с сахарной свеклой следует вносить полупрепревший или перепревший подстилочный навоз в дозах 30–50 т/га, в зависимости от уровня плодородия почвы.

Количество азота, вносимого с навозом, необходимо учитывать, чтобы не допустить переудобрения им и ухудшения этим качества свеклы.

Во избежание возможного засорения посевов свеклы, навоз должен использоваться только после его хранения в буртах или навозохранилищах в течение 5–8 месяцев горяче-холодным способом. За это время навоз перепревает, обеззараживается, большинство содержащихся в нем семян сорняков теряет всхожесть.

Навоз нельзя хранить в мелких кучах и вносить по зяби и снегу. Использовать его следует в чистом пару в теплое время года, равномерно разбрасывая по полю и немедленно заделывая в почву отвальными или оборотными плугами, что позволяет уменьшить засоренность посевов свеклы. Вносить навоз поле чистого пара более удобно и организационно.

Из-за опасности внесения большого количества семян сорняков с недостаточно перепревшим подстилочным навозом можно провести удобрение соломой.

При удобрении соломой без сидерата, в зависимости от предшественника и обеспеченности почвы доступным азотом, следует вносить 5–10 кг азота минеральных удобрений на одну тонну соломы.

Хорошие результаты в качестве органического удобрения показывают подсевные и пожнивные сидераты. Под заключительную культуру севооборота лучше подсевать клевер или донник (16–20 кг/га), которые после уборки покровной культуры развиваются самостоятельно до середины июня следующего года, а затем их масса заделывается в почву, и поле обрабатывается по типу полупара.

В качестве пожнивных культур хорошие результаты дают редька масличная и горчица белая. Норма посева первой 10–15 кг/га, второй – 5–8 кг/га.

Получить высокие урожаи сахарной свеклы без применения минеральных удобрений невозможно.

В зависимости от времени и целевого назначения различают основное удобрение, рядковое (припосевное) и подкормки (в период вегетации растений).

Основное удобрение (примерно 80 % от общего количества) служит для питания растений свеклы в течение всего вегетационного периода, начиная с фазы трех-четырех пар настоящих листьев, и определяет уровень урожайности культуры.

Лучше основное удобрение вносить с осени, перемешивая его с небольшим слоем почвы, а последующей зяблевой вспашкой заделывать в нижнюю часть пахотного горизонта.

В качестве основного удобрения лучше использовать комплексные удобрения (NPK, нитрофоски, аммофос) или простые фосфорные и калийные удобрения 100 % от их потребности на планируемый урожай корней. Лучшими фосфорными удобре-

ниями являются фосфоритная мука и суперфосфат, калийные – 40 % калийная соль.

Азотные удобрения (кроме мочевины) следует вносить как можно раньше весной с последующей заделкой при предпосевной культивации. При одностороннем внесении следует избегать высоких доз азота. Избыток азота вызывает чрезмерное развитие листьев, затягивание созревания корнеплодов, повышение содержания золы, общего и растворимого азота, снижение их сахаристости.

Если удобрения с осени не были внесены, то весной следует внести 2/3 от расчетной дозы азота и фосфора, но не более 100 кг д. в. на 1 гектар. Внесение калийных удобрений в этот период (свыше 250 кг/га K_2O) может снизить всхожесть семян.

Вместе с тем, перенос основного количества минеральных удобрений на весну может вызвать опасность их токсичного действия на молодые растений. Особенно высока она в сухой почве и при неудовлетворительной ее структуре. Имеет значение и форма применяемых удобрений: из азотных удобрений наиболее отрицательно действуют аммонийные соли и мочевина. Фосфаты не оказывают отрицательного влияния на всхожесть.

Вносить удобрения весной следует по тало-мерзлой почве на ровных полях (с уклоном не более 1,5 °).

В более поздние сроки минеральные удобрения можно вносить только при физической спелости почвы, во избежание ее уплотнения.

Рядковое удобрение применяют одновременно с посевом. В первые 45 дней (до образования 10 пар настоящих листьев) корни сахарной свеклы слабо развиты и незначительно потребляют питательные вещества. Поэтому в данный период в зоне потребления элементов питания должен быть достаточно высокий уровень легкодоступных питательных веществ.

В рядки вносят 5–10 кг/га азота, 15–20 – фосфора и 8–10 кг/га – калия. Более высокие дозы могут отрицательно повлиять на проростки и всходы свеклы, так как повышается концентрация почвенного раствора в зоне расположения семян, и культура может страдать от ожогов удобрениями. Предпочтительно рядковые удобрения располагать с почвенной прослойкой 2–3 см между семенами.

Лучшими удобрениями при посеве являются комплексные: аммофос, нитрофос, нитроаммофос, азофос и другие, а также двойной суперфосфат.

Подкормка растений сахарной свеклы эффективна только в годы с достаточным выпадением осадков.

Рядковое удобрение и подкормки только дополняют основное удобрение, но не заменяют его.

В последнее время отечественная промышленность наладила производство эффективных водорастворимых удобрений нового поколения, которые могут использоваться для некорневых подкормок. Под свеклу можно применять «Акварин-5» (производство Буйского химического завода), содержащий (в %) N-NO₃ – 3,9; N-NH₄ – 2,1; N-NH₂ – 12,0; P₂O₅ – 18,0; K₂O – 18,0; MgO – 2,0 и S – 1,5%. Кроме того, в акварине содержится значительное количество микроэлементов (в мг/л): Zn (140), Cu (100), Mn (420), Fe (540), Mo (40) и B (200). Микроэлементы находятся в биологически активной форме: Zn, Cu и Mn в виде хелата ЭДТА (этилендиаминтетраацетатная кислота), Fe – ДТПА (диэтилентриаминпентауксусная кислота).

Применение Акварина для некорневых подкормок позволяет не только повысить урожайность, но и улучшить качество корнеплодов. Механизм действия Акварина при листовом применении выражается в регуляции физиологических процессов в клетках растений, что приводит к активизации ферментативных и метаболических процессов. В результате увеличивается использование элементов питания из почвы, а также повышается устойчивость растений к пониженным температурам, недостатку или избытку влаги, недостатку энергии света. Возможность использования акварина в баковых смесях с пестицидами позволяет растениям легче перенести стрессы от воздействия ядохимикатов. Некорневая подкормка Акварином выполняет сразу три функции: удобрительную, регуляторную и защитную. Сроки применения Акварина приведены в таблице 36.

Использование на черноземных почвах этого удобрения обеспечивает рост урожайности на 20–30 ц/га, увеличение сахаристости корнеплодов и их лежкости.

ОМУ «Свекловичное» – комплексное органоминеральное удобрение пролонгированного действия. Применяется для основ-

ного, припосевного внесения и в подкормки в дозах 50–350 кг/га в физической массе.

Таблица 36 – Сроки применения Акварина под сахарную свеклу

Период подкормки	Марка удобрения	Доза внесения, кг/га	Расход рабочего раствора
1-я подкормка в фазу 5–6 листьев	Акварин-5	1,5–2,0	50–300
2–3 подкормки в период формирования корнепло-	Акварин свекловичный	1,5–3,0	50–300

«Кристаллон специальный», содержащий (в %) $N_{\text{общ.}}$ – 18; P_2O_5 – 18; K_2O – 18; MgO – 3,0; Mn – 0,04; Cu – 0,01; B – 0,025; Fe – 0,07; Zn – 0,025.

«Кристаллон коричневый» содержит (в %) $N_{\text{общ.}}$ – 3,0; P_2O_5 – 11; K_2O – 38; MgO – 40; Mn – 0,04; Cu – 0,01; B – 0,025; Fe – 0,07; Zn – 0,025; Mo – 0,04.

Кроме того, при возделывании свеклы высокую эффективность проявляет удобрение «Кемира осенняя» содержащее (в %) $N_{\text{общ.}}$ – 4,8; P_2O_5 – 20,8; K_2O – 31,3; S – 0,7; Ca – 0,55; Mn – 0,16; Cu – 0,08; B – 0,09; Fe – 0,16; Zn – 0,09.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных биологических особенностях растений, влияющих на разработку системы удобрения рассмотренных сельскохозяйственных культур.

2. Какие требования предъявляют разные культуры к кислотности почвы?

3. Сформулируйте особенности известкования кислых почв в севооборотах со льном и картофелем, в овощных севооборотах.

4. Назовите сроки внесения, способы заделки, виды и формы удобрений, используемых в допосевной период.

5. В чем преимущество органо-минеральной системы удобрения в севообороте?

6. Назовите дозы рядкового удобрения под различные сельскохозяйственные культуры.

7. Какие виды диагностики используют при уточнении доз удобрений для подкормки озимых зерновых?

8. Под какие культуры эффективно дробное внесение азотных удобрений?

9. Какова роль некорневых подкормок? В каких случаях она проводится?

10. Расскажите об особенностях применения удобрений под озимые и яровые зерновые.

11. Под какие культуры нецелесообразно вносить органические удобрения и почему?

12. Назовите культуры, под которые целесообразно использовать повышенные дозы органических удобрений. Для каких культур лучшим является свежий навоз?

13. Расскажите об особенностях применения удобрений под лен, картофель и кормовые корнеплоды.

14. Чем отличается коренное улучшение лугов и пастбищ от поверхностного?

15. Какие факторы влияют на устойчивость бобового компонента в смешанном травостое многолетних трав?

16. Как применяют органические и минеральные удобрения под капусту, столовые корнеплоды и репчатый лук?

17. Что включает система удобрения огурцов и томатов?

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ (ГЛОССАРИЙ)

Агрохимия – наука о взаимодействии растений, почвы и удобрений в процессе выращивания сельскохозяйственных культур, круговороте веществ в земледелии, рациональном экологически безопасном использовании удобрений с целью увеличения урожайности, улучшения качества продукции и повышения плодородия почв.

Биокомпост – компост, полученный в результате переработки органических отходов ускоренным методом в специальных камерах – ферментерах.

Биоконверсии – переработка сырья, почвогрунтов и отходов различных производств с помощью биологических методов для дальнейшего использования в сельском хозяйстве.

Вермикомпост (биогумус) – компост, полученный в результате переработки органических отходов дождевыми червями.

Вермикомпостирование процесс переработки органических отходов в вермикомпост с помощью дождевых червей.

Вещества загрязняющие (поллютанты) – химические соединения, повышенное содержание которых в биосфере и ее компонентах вызывает негативную токсико-экологическую ситуацию.

Вещества известкового удобрения, активно действующие – сумма фракций карбонатных форм известкового удобрения, выраженная в процентах CaCO_3 , активно изменяющих реакцию среды почвы.

Вид удобрения – характеристика минерального удобрения по содержанию питательного элемента (например, азотные удобрения – по содержанию азота, фосфорные – по содержанию фосфора и т. д.).

Влагоемкость торфа – способность торфа удерживать жидкость.

Внесение удобрений припосевное – внесение минеральных удобрений при посеве сельскохозяйственных культур.

Внесение удобрений и других средств химизации дифференцированное – внесение удобрений и других средств химизации с учетом внутрипочвенной неоднородности плодородия почв и фитосанитарного состояния посевов.

Внесение удобрений основное – внесение минеральных и органических удобрений до посева или посадки растений.

Внесение удобрения дробное – внесение удобрения под сельскохозяйственную культуру несколько раз в течение одного периода вегетации.

Внесение удобрения контактное – внесение удобрения в смеси с семенами.

Внесение удобрения ленточное – внесение удобрения на поверхность почвы между рядами семян или растений в виде ленты.

Внесение удобрения локальное – ограниченное размещение удобрений внутри или на поверхности почвы.

Внесение удобрения локальное внутрипочвенное – заделка удобрения, вносимого в почву локально на разную глубину прерывистыми лентами.

Внесение удобрения локальное ленточное внесение удобрения в виде прерывистых лент различной ширины с заделкой их в почву.

Внесение удобрения поверхностно-локальное – локальное размещение удобрения на непокрытой растительностью поверхности почвы при его внесении.

Внесение удобрения послойное – внесение удобрений с заделкой в различные слои почвы.

Внесение удобрения рядковое – внесение удобрения на поверхность почвы рядом, вдоль или поперек посеянных (посаженных) растений.

Внесение удобрения сплошное разбросное – распределение удобрений по всей поверхности почвы.

Внесение удобрения сплошное экранное – заделка удобрения в почву в горизонтальном направлении и на определенную глубину в виде сплошного экрана.

Воды сточные – жидкие бытовые и промышленные отходы или их смеси.

Гипсование почвы – внесение гипса в почву для улучшения ее химических, физических и биологических свойств.

Гомогенизация бесподстилочного навоза – перемешивание навоза для поддержания его однородного состояния.

Гуматы – соли гуминовых кислот с катионами аммония, щелочных и щелочноземельных металлов.

Действие удобрения прямое – влияние удобрения на плодородие почвы, урожайность и качество продукции сельскохозяйственной культуры, под которую оно непосредственно внесено.

Действующее вещество удобрения – содержание питательного элемента в удобрении, выраженное в процентах.

Доза известкового удобрения малая – доза известкового удобрения, снижающая избыточную, вредную для растений, кислотность в части пахотного слоя почвы.

Доза известкового удобрения полная – доза известкового удобрения, обеспечивающая оптимальную реакцию среды в пахотном слое почвы.

Доза удобрения – количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру за один прием.

Жижа навозная – жидкость, выделяющаяся из навоза.

Зола – местное удобрение, полученное в результате сжигания растительных остатков, торфа, кизяка и других органических веществ.

Зольность торфа – характеристика торфа по количеству образующейся золы.

Ил активный – жидкая субстанция, образующаяся на очистных сооружениях, которая представляет собой водный биоценоз, состоящий, в основном, из микроорганизмов.

Ил гидролизный – органическое удобрение, полученное в результате утилизации отходов гидролизных и целлюлозно-бумажных производств.

Кизяк – прессованный сухой навоз.

Кислотность торфа – характеристика торфа по величине его обменной кислотности.

Компост – органическое удобрение, полученное на основе компостирования отходов растительного (солома, торф, древесные отходы) и животного (навоз, помет) происхождения или их смесей с возможным добавлением минеральных удобрений, мелиорантов и других компонентов.

Компост торфожижевый – компост, полученный на основе торфа и навозной жижи. **Компост торфонавозный** – компост, полученный на основе торфа и навоза.

Компостирование – биотермический процесс минерализации и гумификации органических веществ, происходящий в аэробных условиях под воздействием микроорганизмов.

Компостохранилище – площадка или помещение для хранения компоста.

Концентрация элемента в среде критическая (пороговая) – содержание химического элемента в окружающей среде, ниже и выше которой наблюдается отрицательная биологическая реакция.

Копролиты – экскременты дождевых червей и других беспозвоночных животных.

Коэффициент использования действующего вещества удобрения – отношение количества питательного элемента, вынесенного урожаем, к общему его количеству, внесенному с удобрением.

Ксенобиотики – химические соединения, чужеродные для организмов.

Макроудобрение – минеральное удобрение, действующим веществом которого являются макроэлементы.

Макроэлементы – химические элементы, содержащиеся в растениях в количестве от целых до сотых долей процента в расчете на сухое вещество.

Микроудобрение – минеральное удобрение, действующим веществом которого являются микроэлементы.

Микроэлементы – химические элементы, содержащиеся в растениях в количестве от тысячных до стотысячных долей процента в расчете на сухое вещество.

Навоз – смесь твердых и жидких экскрементов сельскохозяйственных животных с подстилкой или без нее.

Навоз бесподстилочный – навоз без подстилки с добавлением воды или без нее.

Навоз жидкий – бесподстилочный навоз, содержащий от 3 до 8 % сухого вещества.

Навоз перепревший – навоз, в котором визуально нельзя обнаружить неразложившиеся растительные остатки.

Навоз подстилочный – навоз с подстилкой и кормовыми остатками.

Навоз полужидкий – бесподстилочный навоз, содержащий свыше 8 % сухого вещества.

Навоз полуперепревший – навоз, в котором в результате микробиологических процессов подстилка и кормовые остатки приобретают темно-коричневый цвет, теряют прочность и легко разрываются.

Навоз свежий – навоз, не подвергшийся микробиологическому разложению.

Навоз слаборазложившийся – навоз, в котором, в результате микробиологических процессов, подстилка и кормовые остатки имеют незначительно изменившиеся цвет и прочность.

Навоз солоmistый – навоз, полученный при использовании соломы в качестве подстилки животным.

Навоз торфяной – навоз, полученный при использовании торфа в качестве подстилки животным.

Навозохранилище – площадка или помещение для хранения навоза.

Норма удобрения – общее количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру в несколько приемов за период вегетации.

Орошение удобрительное – орошение сельскохозяйственных культур навозными стоками и сточными водами высокой питательной ценности.

Осадок сточных вод – взвешенные частицы и микробная масса (активный ил), полученные в результате очистки сточных вод на очистных сооружениях.

Отходы бытовые твердые – отходы из населенных пунктов, состоящие, в основном, из кухонных отходов, бумаги и других компонентов, которые после переработки биотермическим методом становятся пригодными для использования в качестве удобрения в соответствии с действующими санитарными нормами.

Отходы древесные – отходы деревообрабатывающей промышленности, используемые для подстилки и производства органического удобрения.

Перегной – однородная землистая масса, образующаяся в результате разложения навоза и органических остатков растительного или животного происхождения.

Подкормка растений – внесение удобрений в период вегетации растений.

Подкормка растений корневая – подкормка растений удобрением, основанная на поступлении питательных элементов через корневую систему.

Подкормка растений некорневая – подкормка растений удобрением, основанная на поступлении питательных элементов через надземные органы.

Подстилка – влагоемкие материалы (солома, торф, опилки), подстилаемые сельскохозяйственным животным для поглощения мочи и создания теплого сухого ложа.

Поля орошения земледельческие – поля, предназначенные для орошения кормовых и технических культур очищенными сточными водами в нормах, рассчитанных по водопотреблению растений.

Помет птичий – экскременты птиц.

Последействие удобрения – влияние удобрения на плодородие почвы, урожайность и качество продукции сельскохозяйственной культуры во второй и последующие годы после прекращения его внесения.

Прочность гранул минерального удобрения – статическое свойство гранул минерального удобрения, определяемое усилием разрушения гранул данного размера при одноосном сжатии между двумя параллельными плоскостями.

Рассыпчатость минерального удобрения – состояние минерального удобрения, характеризуемое степенью его агломерации, выраженное количеством комков в процентах.

Руды агрономические – минеральное сырье для производства минеральных удобрений и химических мелиорантов.

Сапропель – донные отложения континентальных водоемов.

Свойства минерального удобрения физические – совокупность физических и физико-механических свойств минерального удобрения, которые определяют его поведение при хранении, транспортировке и внесении в почву.

Сидерация – применение зеленого удобрения.

Система удобрения – комплекс мероприятий по рациональному использованию удобрений и других средств химизации в севооборотах, многолетних насаждениях, лугах и пастбищах, направленный на воспроизводство плодородия почвы, получение высоких урожаев требуемого качества и охрану окружающей среды от загрязнения.

Слеживаемость минерального удобрения – свойство минерального удобрения образовывать фазовые контакты сцепления между частицами (гранулами) удобрения при определенных внешних условиях.

Содержание питательного элемента в удобрении количество питательного элемента в удобрении.

Солома – скошенные стебли хлебных злаков, остающиеся после обмолота.

Состав минерального удобрения гранулометрический – характеристика минерального удобрения по содержанию различных по размеру частиц (фракций).

Состав минерального удобрения химический – характеристика минерального удобрения по содержанию питательных элементов, примесей и воды.

Состав торфа ботанический – характеристика торфа по растениям, из которых он образовался.

Способ внесения удобрения – прием внесения удобрения под сельскохозяйственную культуру.

Способ компостирования очаговый – компостирование, при котором навоз укладывают очагами на торфяную подушку и сверху засыпают торфом, делая бурт.

Способ компостирования площадной – компостирование, при котором на торфяную подушку выгружают навоз, разравнивают его, перемешивают с торфом и образовавшуюся смесь сгребают в бурты.

Способ компостирования послойный – компостирование, при котором в штабелях шириной 4–5 м, чередуя слоями, укладывают торф и навоз.

Способ хранения навоза плотный – хранение навоза в уплотненных штабелях в анаэробных условиях.

Способ хранения навоза рыхло-плотный – хранение навоза первоначально в рыхло уложенном штабеле с последующим уплотнением его после разогревания.

Способ хранения навоза рыхлый – хранение навоза в рыхлых, неуплотненных штабелях в аэробных условиях.

Степень разложения торфа – характеристика торфа по содержанию гумифицированных веществ.

Стоки навозные – бесподстилочный навоз, содержащий менее 3 % сухого вещества.

Сыпучесть минерального удобрения – свойство минерального удобрения осыпаться под воздействием гравитационных сил.

Технология внесения удобрения – комплекс последовательных производственных операций по внесению удобрения.

Тип торфа – характеристика торфа по условиям его образования.

Тонина помола удобрения – степень измельчения удобрения.

Торф – геологическое образование, состоящее из растительных остатков, изменившихся в процессе болотного типа почвообразования.

Торф верховой – торф, образовавшийся, в основном, из сфагновых мхов на верховых болотах, питаемых атмосферными осадками.

Торф вивианитовый – торф с содержанием P_2O_5 более 3 %.

Торф низинный – торф, образовавшийся из осоково-травянистой и древесной растительности и зеленых мхов на низинных болотах, питаемых грунтовыми водами.

Торф переходный – торф, образовавшийся из мхов, осоково-травянистой и древесно-кустарниковой растительности на болотах, питаемых водами поверхностного стока с суходолов.

Тяжелые металлы – химические элементы с атомной массой свыше 50 у. е.

Удобрение – вещество, используемое для питания растений и воспроизводства плодородия почвы.

Удобрение азотное – минеральное удобрение, действующим веществом в котором является азот.

Удобрение в запас – разовое внесение удобрения для обеспечения культур севооборота питательными элементами на несколько лет.

Удобрение гуминовое – удобрение, действующим веществом которого являются гуминовые кислоты.

Удобрение зеленое (сидераты) – вегетативная масса растений, выращиваемых для запахивания в почву.

Удобрение органическое – удобрение, содержащее органическое вещество растительного и животного происхождения.

Удобрение органическое нетрадиционное – органическое удобрение, приготовленное с использованием новых методов.

Удобрение торфоаммиачное – торф, обработанный аммиаком.

Удобрение торфоминерально-аммиачное – смесь торфа с фосфорными и калийными удобрениями, обработанная аммиаком.

Удобрение торфоминеральное – смесь торфа с минеральными удобрениями и известью.

Ультрамикрэлементы – химические элементы, содержащиеся в растениях в количестве менее стотысячной доли процента в расчете на сухое вещество.

Фекалии – экскременты человека.

Фекалий – содержимое пищеварительного тракта животных, получаемое при забое и используемое в качестве удобрения.

Фракция бесподстилочного навоза жидкая – текучая масса, полученная при разделении бесподстилочного навоза на фракции.

Фракция бесподстилочного навоза твердая – нетекучая масса, полученная при разделении бесподстилочного навоза на фракции.

Хранение навоза под скотом – накопление навоза при беспривязном содержании животных в помещениях или на выгульных площадках.

Ценность сточных вод удобрительная – характеристика сточных вод по содержанию элементов питания растений, выраженному в мг/л.

Шкала повреждения растений балльная – шкала визуальной оценки повреждения растений болезнями и вредителями, выраженная в баллах.

Щелочность минерального удобрения свободная – количество свободной щелочи в составе минерального удобрения, выраженное в процентах.

Экскременты – твердые и жидкие физиологические выделения живых организмов.

Элементы биогенные – химические элементы, входящие в состав организмов и выполняющие определенные биологические функции.

Элементы зольные – химические элементы, остающиеся в золе после сжигания растения.

Элементы необходимые – химические элементы, без которых растение не может полностью закончить цикл своего развития.

Эффективность применения пестицида биологическая – результат применения пестицида в полевых условиях, выраженный показателями гибели, или снижения численности вредных организмов, или степени повреждения ими защищаемых растений.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

*Группировка почв по содержанию обменного калия,
подвижного фосфора и азота (в среднем)*

Содержание элемента	K ₂ O	P ₂ O ₅	Гидролизуемый азот, мг/кг почвы	
	по Чирикову, мг/кг почвы		по Тюрину - Кононовой	по Корн- филду
Очень низкое	0-20	0-20	30	100
Низкое	21-40	21-50	31-40	101-150
Среднее	41-80	51-100	41-50	151-200
Повышенное	81-120	101-150	51-70	Более 200
Высокое	121-180	151-200	71-100	–
Очень высокое	Более 180	Более 200	Более 100	–

Приложение 2

*Среднее содержание сухого вещества
в сельскохозяйственных культурах, проц.*

Культура	Сухое вещество	Культура	Сухое вещество
Зерно:		Подсолнечник	92
Пшеница	86	Лен, конопля	92
Рожь	86	Картофель	12
Ячмень	87	Сахарная свекла	15
Овес	87	Кормовая свекла	13
Кукуруза	85	Морковь	14
Гречиха	87	Лук репчатый	15
Просо	87	Бобовые травы: зеленая масса	25
		сено	40
Зернобобовые: горох, фасоль, вика, чечевица	87	Злаковые травы: зеленая масса	30
		сено	45
соя, бобы	89	Кукуруза зеленая масса	20

Приложение 3

Отношение основной (ОП) продукции
к побочной продукции (ПП)

Культура	ОП: ПП	Культура	ОП:ПП
Озимая рожь	1: 2,0	Сахарная свекла:	
Озимая пшеница	1: 1,5	корнеплоды	1: 0,5
Яровая пшеница	1: 1,0	семена	1: 10,0
Яровой ячмень	1: 1,0	Подсолнечник	1: 3,0
Овес	1: 1,3	Рапс (семена)	1: 4,0
Кукуруза (зерно)	1: 1,2	Конопля (семена)	1: 5,0
Гречиха	1: 3,0	Картофель	1: 1, 0
Просо	1: 2,0	Суданка (семена)	1: 9,0
Горох	1: 1,0	Люцерна (семена)	1: 15,0
Соя	1: 5,0	Клевер (семена)	1: 10,0
Вика	1: 2,0	Кукуруза (зеленая масса)	1: 0,4
Чечевица	1: 2,0		

Приложение 4

Коэффициенты (K_0) для определения количества
растительных остатков (ПКО) при различной урожайности
основной продукции

Культура	Урожай, т/га	K_0	Урожай, т/га	K_0	Урожай, т/га	K_0
1	2	3	4	5	6	7
Озимая пшеница	До 2,5	1,6	2,6-3,5	1,4	3,6-4,6	1,2
Озимая рожь	До 2,0	1,6	2,1-3,0	1,5	3,1-4,0	1,3
Яровая пшеница	До 2,0	1,6	2,1-3,0	1,4	3,1-4,0	1,3
Ячмень	До 2,5	1,3	2,6-3,5	1,1	3,6-4,0	1,1
Овес	До 2,0	1,6	2,1-3,0	1,3	3,1-4,0	1,1
Просо	До 1,5	1,8	1,6-2,5	1,4	2,6-3,5	1,3
Гречиха	До 1,0	2,7	1,1-1,7	1,9	1,8-2,5	1,7
Зернобобовые	До 1,5	1,5	1,6-2,3	1,2	2,4-3,0	1,0

Окончание приложения 4

1	2	3	4	5	6	7
Свекла	До 25	0,09	25,1-35,0	0,08	35,1-45,0	0,07
Картофель	До 10	0,22	1,01-15,0	0,17	15,1-20,0	0,15
Овощи в целом	До 10	0,20	1,01-15,0	0,16	15,1-20,0	0,15
Кормовые корнеплоды	До 20	0,09	21,0-30,0	0,08	30,1-40,0	0,07
Кукуруза силос	До 25	0,18	25,1-35,0	0,16	35,1-45,0	0,15
Кукуруза зерно	До 30	1,3	31,0-40,0	1,2	41,0-60,0	1,2
Однолетние травы зеленая масса	До 25	1,4	26,0-35,0	1,2	36,0-45,0	1,6
Многолетние травы зеленая масса	До 30	2,0	31,0-40,0	1,7	41,0-50,0	1,6

Примечание. При определении накопления ПКО однолетних и многолетних трав, возделываемых на сено, выход сухой массы определяют умножением количества зеленой массы на коэффициент 0,4; для определения сухой массы соломы сухое вещество зерна умножают на коэффициенты для озимых – 1,5–1,6, яровых – 0,8–1,0.

Приложение 5

*Уравнения зависимости массы пожнивно-корневых
остатков от урожая основной продукции,
т/га сухого вещества*

Культура	Уравнение	r
1	2	3
Озимая пшеница	$Y = 1,016 + 0,133x - 0,0015x^2$	0,783
Озимая рожь	$Y = 1,58 + 0,868x - 0,036x^2$	0,764
Яровая пшеница	$Y = 2,257 - 0,0154x + 0,0013x^2$	0,746
Яровой ячмень	$Y = -3,54 + 4,091x - 0,672x^2$	0,874
Просо	$Y = 1,19 - 0,735x + 0,142x^2$	0,829
Горох	$Y = 2,52 - 1,65x + 1,009x^2$	0,926
Кукуруза на силос	$Y = 2,169 + 0,008x$	0,768
Картофель	$Y = 4,52 - 0,1831x$	0,832
Клевер зеленая масса:		
1 г. п.	$Y = 5,68 - 1,210x + 0,189x^2$	0,693
2 г. п.	$Y = 1,55 + 0,832x + 0,073x^2$	0,894

Окончание приложения 5

1	2	3
Козлятник зеленая масса:		
2-3 г. п.	$Y=3,67+0,75x$	0,949
4-7 г. п.	$Y= 1,41+0,93x$	0,942

Примечание. Y – содержание пожнивно-корневых остатков, т/га сухого вещества; x – урожайность основной продукции в пересчете на сухое вещество; r – коэффициент корреляции.

Приложение 6

*Вынос питательных элементов
сельскохозяйственными культурами*

Культура	На 1 т основной продукции при соответствующем количестве побочной, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4
Озимая пшеница	37	13	26
Озимая рожь	32	14	26
Яровая пшеница	38	12	25
Тритикале	50	15	35
Ячмень	39	13	25
Овес	28	13	29
Просо	33	14	35
Сорго	25	10	30
Гречиха	30	15	40
Горох	65	14	22
Рис	28	15	22
Чечевица	52	20	28
Вика и вико-овсяные смеси (зерно)	49	14	23
Люпин (зерно)	70	19	47
Кукуруза (зерно)	34	12	37
Люпин (семена)	68	19	47
Соя (зерно)	71	16	18
Кормовые бобы	64	20	50
Картофель ранний	5,0	1,5	7,0
Картофель поздний	6,0	2,0	9,0
Свекла столовая	2,7	1,5	4,3
Томаты	2,6	0,4	3,6
Капуста белокочанная	3,4	1,3	4,4

Окончание приложения 6

1	2	3	4
Морковь	3,2	1,0	5,0
Огурцы	1,7	1,4	2,6
Лук на репку	3,7	1,2	4,0
Лук-севок	16,0	1,6	10,0
Конопля на волокно (соломка)	20,0	62	9,0
Конопля на семена	16,0	50	9,3
Лен на волокно (соломка)	8,0	4,0	7,0
Лен на семена	10,6	5,7	9,3
Сахарная свекла	6,0	2,0	7,5
Свекла кормовая	6,5	1,5	8,5
Кукуруза на силос и зеленую массу	4,0	1,5	5,0
Подсолнечник на силос и зеленую массу	3,0	1,0	6,0
Подсолнечник (семена)	60,0	26	18,6
Однолетние травы – сено	2,1	4,5	1,9
Однолетние травы на зеленую массу и сенаж	2,0	1,0	4,0
Многолетние травы на зеленую массу:			
люцерна	7,4	1,8	4,5
клевер	5,0	1,5	5,0
донник	2,0	0,5	0,3
эспарцет	3,0	0,9	0,3
костер, овсяница	2,2	1,0	2,5
ежа сборная, тимофеевка	2,6	1,0	4,9
бобово-злаковая смесь	3,0	1,1	3,0
естественные сенокосы	1,50	5,0	3,5
Многолетние травы на сено:			
люцерна	26	65	15
клевер	23	56	23
донник	14	35	24
козлятник (сухая масса)	27	50	24
эспарцет	20	67	20
костер, овсяница	15,5	70	24
ежа сборная, тимофеевка	18,5	7,0	3,2
бобово-злаковая смесь	17,6	6,0	1,7
естественные сенокосы	17,0	6,0	1,8
Многолетние травы (семена):			
злаковые	22,7	63	25,6
бобовые	25,4	65	30,0

Примечание. 2/3 азота пополняется за счет фиксации из воздуха бобовыми и 1/2 зернобобовыми культурами.

Приложение 7

Средние коэффициенты использования азота, фосфора и калия из разных почв сельскохозяйственными культурами

Культура	Почвы					
	серые лесные	черноземы	серые лесные	черноземы	серые лесные	черноземы
	фосфор		калий		азот	
Однолетние, многолетние травы: зерновые и зернобобовые	0,08	0,10	0,12	0,12	0,20	0,20-0,30
Кукуруза на силос и прочие силосные	0,03	0,10	0,25	0,20	0,20	0,20-0,30
Картофель и овощи	0,10	0,10	0,25	0,25	0,20	0,20-0,30
Сахарная и кормовая свекла	0,10	0,10	0,40	0,30	0,20	0,20-0,30

Приложение 8

Использование N, P, K полевыми культурами из почвы, проц.

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	20–35	5–10	8–15
Озимая рожь	20–30	5–8	6–12
Яровая пшеница	20–35	5–12	7–14
Ячмень	15–35	5–9	6–10
Овес	20–35	5–11	8–14
Кукуруза на зерно	25–40	8–10	20–15
Кукуруза на з. массу	20–40	6–12	7–12
Просо	15–35	6–9	6–9
Гречиха	15–45	6–13	7–15
Сорго	30–80	9–16	6–17
Горох	30–65	8–16	7–6
Люпин	30–45	9–14	6–2
Соя	25–40	6–10	5–11
Вика	25–35	3–14	7–20
Лен-долгунец	20–35	8–15	6–13
Конопля (семена)	30–45	7–17	8–24
Подсолнечник (зерно)	25–50	6–16	7–40
Сахарная свекла	20–45	5–12	6–25
Кормовая свекла	25–35	7–12	9–40
Картофель	20–30	5–11	6–12
Морковь	35–70	7–10	8–25
Люцерна (в начале цветения)	15–30	2–8	6–13
Клевер красный	30–65	6–16	7–18
Кукуруза (силос)	30–65	8–16	7–36
Люцерна	35–70	7–20	8–25
Тимофеевка	15–25	3–10	8–12

Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений и пожнивно-корневых остатков

Год действия	Из органических			Из минеральных			Из пожнивно-корневых остатков, N
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Первый	0,20-0,25	0,25-0,30	0,50-0,60	0,50-0,60	0,15-0,20	0,50-0,60	0,20-0,25
Второй	0,20	0,10-0,15	0,10-0,15	0,05	0,10	0,20	0,15-0,20
Третий	0,10	0,05	0,05-0,10	0,05	0,05	-	0,50-0,10
В целом за ротацию севооборота	0,50-0,55	0,40-0,50	0,60-0,75	0,60-0,70	0,30-0,40	0,70-0,80	0,45-0,55

Приложение 10

Использование N, P, K полевыми культурами из навоза, проц.

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	20-35	30-50	50-70
Озимая рожь	20-35	30-50	50-70
Овес	20-25	25-40	50-60
Ячмень	20-25	25-40	50-55
Картофель	20-30	30-40	50-70
Свекла сахарная	15-40	20-50	60-70
Свекла кормовая	30-40	45-50	60-70
Овощные культуры	30-35	40-50	60-65
Кукуруза (зерно)	35-40	45-50	65-75
Кукуруза зеленая масса)	30-35	40-45	60-65

Приложение 11

Использование N, P, K минеральных удобрений полевыми культурами, проц.

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	55-85	15-45	55-95
Пшеница яровая	45-75	15-35	55-85
Рожь озимая	55-80	25-40	65-80
Ячмень	60-75	20-40	60-70
Овес	60-80	25-35	65-85
Кукуруза (зерно)	65-85	25-45	75-95
Просо	55-75	25-40	65-85
Гречиха	50-70	30-45	70-90
Сорго	55-80	25-35	65-85
Горох	50-80	30-45	70-80
Люпин	50-90	15-40	55-75
Кормовые бобы	50	20	35
Вика (зерно)	55-85	20-35	65-80
Вика (зеленая масса)	50-75	20-30	60-75
Лен-долгунец (семена)	55-70	15-35	65-85
Лен-долгунец (солома)	55-65	15-30	65-80
Конопля (солома)	55-65	15-30	65-80
Подсолнечник (зерно)	55-75	25-35	65-95
Рапс (семена)	30	20	60
Рапс (зеленая масса)	60-80	20-25	52-70
Свекла сахарная	60-85	25-45	70-95
Свекла кормовая	65-90	30-45	80-95
Картофель	50-80	25-35	85-95
Люцерна (сено)	80-95	30-45	80-95
Клевер луговой (сено)	75-90	30-40	75-90
Тимофеевка (сено)	80-90	25-35	75-85
Кострец безостый (сено)	75-95	30-45	80-85

Приложение 12

Примерный выход навоза (т) от одной головы скота

Вид животного	Продолжительность стойлового периода, дней			
	240–220	220–200	200–180	менее 180
Крупный рогатый скот:				
коровы, быки	9–10	8–9	6–8	4–5
Молодняк до 1 года	2,5–4,5	3–4		
Молодняк свыше 1 года	5,5–6,5	5–6		
Свиньи: взрослые	1,5–2,0	1,2–1,5	1,0–1,5	0,8–1,2
поросята до 4-х месяцев	0,15	0,10		
поросята свыше 4-х месяцев	0,5	0,5		
Лошади	7–8	5–6	4–5	3–4
Овцы	0,8–1,0	0,7–0,9	0,6–0,7	0,4–0,5
Куры: клеточное содержание, кг/год		50–70		
напольное содержание, кг/год			120–150	
Утки, кг/год		165		
Гуси, кг/год		380		

Приложение 13

Потери (% органического вещества и азота соломистого навоза за 4 месяца при разных способах хранения)

Способ хранения	Органическое вещество	Азот
Плотный (холодный)	12,2	10,7
Рыхлоплотный (горяче-холодный)	24,6	21,6
Рыхлый (горячий)	32,6	31,4

По степени разложения различают: свежий, полуперепревший, перепревший навоз и перегной.

Свежий навоз – слабозлажившаяся масса, солома которой сохраняет первоначальный цвет и прочность.

Полуперепревший навоз – теряет по сравнению со свежим 10–30 % (в среднем 25 % первоначальной массы и органического вещества).

Полуперепревший – содержит 50 % исходной массы.

Перегной – не более 25 % от массы и органического вещества исходного свежего навоза.

Затраты питательных элементов для хозяйств Поволжья

Культура	Затраты минеральных удобрений на 1 т продукции (кг)			
	всего	в том числе		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5
Озимая пшеница	56,0	23,0	23,0	10,0
Озимая рожь.	63,0	28,0	30,0	25,0
Яровая пшеница	63,0	21,0	28,0	14,0
Ячмень	45,0	15,0	20,0	10,0
Овёс	57,0	26,0	22,0	8,0
Просо	48,0	21,0	18,0	9,0
Гречиха	69,0	20,0	43,0	17,0
Горох**	38,0	1,0	23,0	14,0
Кукуруза (зерно)	37,0	20,0	10,0	7,0
Вико-овес** (зерно)	58,0	–	29,0	29,0
Чечевица*	93,0	16,0	46,0	31,0
Конопля (волокно)	215,0	63,0	66,0	66,0
Сахарная свекла	15,9	5,3	5,3	5,3
Картофель	14,4	4,9	4,6	4,9
Капуста	4,6	1,8	1,5	1,3
Огурцы	13,3	4,3	5,9	3,1
Томаты	5,5	1,8	2,3	.1,4
Свекла столовая	6,4	2,8	2,8	2,8
Морковь	5,4	1,8	1,8	1,8
Лук на репку	14,0	6,6	4,9	2,5
Лук-севок	11,0	5,4	1,6	4,0
Кукуруза (силос)	6,0	2,3	2,2.	1,5
Подсолнечник (силос) и на зеленую массу	10,0	3,0	1,0	6,0
Подсолнечник (семена)	27,2	6,0	2,6	18,6
Однолетние травы на зел. корм **	7,0	2,0	1,0	4,0
Однолетние травы (сено)	36,7	11,0	17,0	8,7
Многолетние травы на зеленую массу и сенаж				
люцерна*	1,4	0,7	0,2	0,5
клевер*	1,2	0,5	0,2	0,5

Окончание приложения 14

1	2	3	4	5
донник *	1,0	0,3	0,5	0,2
эспарцет*	1,5	0,3	0,9	0,3
костер, овсяница	5,7	2,2	1,1	2,5
ежа сборная, тимофеевка	8,5	2,6	1,0	4,9
бобово-злаковая смесь**	7,1	3,0	1,1	3,0
Многолетние травы на сено				
люцерна*	47,5	26,0	6,5	15,0
клевер*	41,6	23,0	5,6	23,0
донник*	7,3	1,4	3,5	2,4
эспарцет*	10,7	2,0	6,7	2,0
костер, овсяница	45,5	15,5	7,0	24,3
ежа сборная, тимофеевка	57,5	18,5	7,0	32,0
бобово-злаковая смесь**	41,0	17,5	6,0	17,5
Естественные сенокосы	42,0	17,0	7,0	18,0
Многолетние травы / семена злаковые	101,3	22,7	53,0	25,6
бобовые	129,9	40,5	62,5	26,9
Естественные сенокосы	25,5	15,0	5,0	5,5

*2/3 азота пополняются за счет фиксации воздуха;

**1/2 азота пополняются за счет фиксации воздуха.

Приложение 15

Оптимальные значения pH_{Cl} и степени насыщенности почв основаниями (V), при достижении которых известкование не требуется

Гранулометрический состав	Севообороты					
	полевые с картофелем и со злаковыми травами		полевые с сахарной свеклой и бобовыми травами		овощные, кормовые	
	pH	V, %	pH	V, %	pH	V, %
Песчаные и супесчаные	5,4	80	6,0	90	6,0	90
Легкосуглинистые и суглинистые	5,6	85	6,5	95	6,4	95
Тяжелосуглинистые и глинистые	5,8	90	6,7	98	6,2	98

Приложение 16

Ассортимент известковых удобрений

Удобрение	Содержание CaCO ₃ (CaCO ₃ +MgCO ₃)	Влажность не более, %	Количество недействительных частиц больше 1 мм, %
Доломитовая мука	95	1,5	Не более 3
Известковая мука	85	1,5	Не более 5
Мергель	25–50	3,0	Не более 15
Сланцевая зола	60–75	1,5	Не более 5
Дефекат	60–75	5,0	Не более 15
Металлургические шлаки	30–40	3,0	Не более 10

Приложение 17

Содержание тяжелых металлов в известковых удобрениях

Элемент	Класс опасности	Количество в известко- вых матери- алах	Элемент	Класс опасности	Количество в известко- вых матери- алах
Кадмий	I	1–5	Никель	II	3–300
Мышьяк	II	1–2	Хром	II	100–10000
Ртуть	I	1–3	Ванадий	III	1–1000
Свинец	I	3–150	Стронций	III	100–1000
Цинк	I	30–300	Марганец	III	200–10000
Медь	II	5–100	Фтор	I	1–3

Приложение 19

Содержание действующего вещества в минеральных удобрениях

Удобрение	Химическая формула	Содержание д. в., %
1	2	3
<i>1. Азотные удобрения</i>		
Селитра:		N
аммиачная	NH_4NO_3	34
кальциевая	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	16
натриевая	NaNO_3	15,5
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21
Хлористый аммоний	NH_4Cl	25,0/66,6 Cl
Аммиак:		
водный	NH_4OH	16-21
безводный	NH_3	82
Карбамид (мочевина)	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	46
КАС	КАС $[\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2]$	28,0–32,0
<i>2. Фосфорные удобрения</i>		
Суперфосфат из апатитового концентрата	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	P_2O_5 20
Суперфосфат обогащенный		25
Суперфосфат двойной гранулированный	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	45
Преципитат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	30
<i>3. Калийные удобрения</i>		
Калий хлористый	KCl	K_2O 60
Калийная соль	$\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$	40
Сульфат калия	K_2SO_4	46
Калимагнезия	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	29,0/9,0 Mg
Калимаг	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$	41,0–47,0/8,0 Mg
<i>4. Комплексные удобрения</i>		
Аммофос гранулированный	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N – 10, P_2O_5 – 45
Диаммофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	N – 18, P_2O_5 – 50
Калийная селитра	KNO_3	N – 13, K_2O – 45
Нитрофос, марка А		N – 23,5, P_2O_5 – 17
Нитрофос, марка В		N – 24, P_2O_5 – 14
Аммофос		N – 12, P_2O_5 – 52
Нитрофоска, марка А (16:16:13)		N – 16, P_2O_5 – 16, K_2O – 13

Окончание приложения 19

1	2	3
Нитрофоска, марка Б (13:16:13)		N – 13, P ₂ O ₅ – 16, K ₂ O – 13
Нитрофоска, марка В (12:12:12)		N – 12, P ₂ O ₅ – 12, K ₂ O – 12
Диаммофоска (10:26:26)		N – 10, P ₂ O ₅ – 26, K ₂ O – 26
Нитроаммофоска (Σ = 50)	I сорт	N – 16, P ₂ O ₅ – 16, K ₂ O – 18
NPK	II сорт	N – 14, P ₂ O ₅ – 14, K ₂ O – 16
Азофоска		N – 13, P ₂ O ₅ – 19, K ₂ O – 19
Сульфоаммофос		N – 16, P ₂ O ₅ – 16, K ₂ O – 16
		N – 14–20, P ₂ O ₅ – 8–20, S – 8–14

Среднее содержание тяжелых металлов
в минеральных удобрениях (мг/кг)

Удобрение	Элементы								
	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cd
Калийные удобрения									
Сульфат калия	5,0	58	16,5	42	<9,3	<8,0	9,0	<0,6	<0,2
Калий хлористый	<0,3	34	18,4	15,3	12,1	4,9	39,9	2,0	<1,5
<i>Средневзвешенное</i>	<i>1,5</i>	<i>57</i>	<i>16</i>	<i>101</i>	<i>14</i>	<i>8</i>	<i>23</i>	<i>1,4</i>	<i>0,3</i>
Азотные удобрения									
Мочевина	<0,4	15	14,6	29	11,2		14,3	<0,2	
КАС	1,0	62	40,5	149	24	<1	44		
Сульфат аммония	<1,5	64	41	172	54	<0,2	86	5,4	<0,4
Аммиачная селитра	<0,5	13	8,8	35	8,3	<0,1	14,4		<0,1
<i>Средневзвешенное</i>	<i>1,3</i>	<i>42</i>	<i>26</i>	<i>76</i>	<i>19</i>	<i>0,4</i>	<i>30</i>	<i>2,5</i>	<i>0,2</i>
Фосфорные удобрения									
Суперфосфат простой	0,9	8,6	6,0		11,6		6,0		
Суперфосфат двойной	2,7	24,1	17,2		13,2		11,0		
Фосфоритная мука	1,4	55,0	137		62,0		185		
<i>Средневзвешенное</i>	<i>1,4</i>	<i>46,1</i>	<i>33,1</i>		<i>20,5</i>		<i>48,7</i>		
Сложные и комплексные удобрения									
Аммофос	3,8	153	14,1	290	10,1	10,9	62,3	33,8	3,9
Азофоска	<1,3	149	117	196	37,3	10,0	137,8	3,8	3,0
Нитроаммофос	<2,8	33	10,6	116	6,2	2,2	24,4	2,0	1,8
Нитрофос	8,0	41	15,0	187	5,5	1,5	12,0	3,0	2,0
<i>Средневзвешенное</i>	<i>3,6</i>	<i>116</i>	<i>39,0</i>	<i>194</i>	<i>18,0</i>	<i>7,5</i>	<i>59,0</i>	<i>3,0</i>	<i>3,0</i>

Техника для внесения минеральных и органических удобрений

Марка машины	Производительность га/час	Рабочая ширина захвата, м	Доза внесенных удобрений кг/га	Объем кузова, куб. м	Грузовая вместимость, т	Скорость рабочая, км/час
<u>Основное внесение удобрений</u>						
Минеральные твердые, кг/га						
РТТ-4,2	4,2	4,2	50-1400	0,7	1	10
РУМ-5	8	22	46-6000	4,8	6	13
РУМ-8	25	25	400-6000	6,5	8	18
РМГ-4	12	6-14	100-6000	3,5	4	12
КСА-3	17	6-10	100-6000	4,8	4	20
НРУ-0,5	10	6-12	40-2000	0,41	0,5	12
РМС-6	8	6-12	40-2000	0,41	0,5	12
РУМ-16	25	14-20	300-10000	13	16	13
Локальное внесение						
КПГ-2,2	1,6	2,2	100-3500		0,5	10
КГС-4,8	2,7	4,8-5,4				9
ПРВН-17	0,4	0,9; 1,8	200-700			4
ЧКУ-4	2,8	4	300-1000			7
Жидкие минеральные удобрения						
АБА-0,5 М	3,2	4,2	20-184	0,5	0,5	10
АША-2	3,5	7,4	50-190		2	10
АБА-1	6,48	8,4	50-180		1	10
Органические твердые, т/га						
ПРТ-16		6-17	20-40-60	10,8	16	10
ПРТ-10		6-17	20-40	8	10	10
РОУ-5		4-6	10-45	3,6	6	10
РУН-15Б		20-30	20-60			7,5
Органические жидкие, т/га						
РЖУ-3,6	до 56	До 8	5-37		3,6	9
РЖТ-4	до 32	7-11	10-40		5	9,2
РЖТ-8	до 69	10	10-40		5	10,7
РЖТ-16	73	9-13	12-60		15,9	10
Минеральные жидкие, кг/га						
ПОУ	10	10	100-600		0,6	10
ПЖУ-5	20	15; 25	150-1000		4,5	12
ПЖУ-9	24	15; 25	150-1000		4,5	12

Окончание приложения 21

1	2	3	4	5	6	7
Машины для проведения подкормок						
Марка машины	Производительность, га/час	Ширина захвата, м	Число рядков	Глубина, см	Вместимость, кг	Рабочая скорость, км/час
Овощные						
КОН-2МПМ	2,25	2,4	4	16	30	9
КНР-2, 8 МО	2,2	2,4	4	16	24	8
КОР-4,2	3,18	3,6	6	16	24	9
КРН-4,27	2,2-3,9	4,2	6	18	30	9
Для высокостебельных культур						
КРН-5,6	4,4	5,6	8	16		10
КРН-4,2	2,73	4,2	6	16		9
Свекловичные						
УСМК-5,4	3,78	5,4	12	3-16		7
КГС-4,8	2,4	4,8	12	до 20		6
Культиваторы-окучники для картофеля						
КОН-2,8ПМ	1,9-2,25	2,4-2,8	4	16	120	9
КРН-4,2 Г		4,2	6	18	180	9
КНО-2,8	2	2,8	4	16	120	7-10
КНО-4,2	2	4,2	6	16	180	7-10
КОР-4,2	2,9-3,3	4,2	3			6,5-8,2
Припосевное удобрение						
СЗ-3,6	3,6	3,6	24	4-8	200	12
СЗТ-3,6	3,6	3,6	48;24	4-8	200	12
СЗС-2,1	1,1	2,05	9	4-12	140	9
Кукурузные						
СУПН-8	6,7	5,6	8		30	12
Овощные						
СКОН-4,2 1	до 3,2	2,7; 3,6	6			7
СКОСШ-2,8	1,68-1,96	2,1; 2,4	4,6			5,4
СО-4,2	до 3,9	3,6; 4,2	4;6;8	9		9
Картофелесажалки						
САЯ-4	0,5-155	2,8	4	6-21	96	2,9-3,9
СКМ-3	2,4-2,8	4,2	6	8-14		5,9
Свекловичные						
ССТ-12А	3,4-4,3	5,4	12		180	до 9
ССТ-8	3,8	4,8	8		120	до 7

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1^а

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	N _г	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	200	-	-	4,3	5,0	6,4	9,5	71
Оз. пшеница	195	40	25	6,1	2,9	7,7	8,8	90
Сах. свекла	210	350	150	5,9	3,1	10,0	11,4	88
Ячмень	180	30	15	5,8	3,2	6,0	8,0	86

Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Наличие скота (голов): КРС – 700.

Задание 1

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	N _г	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Вико-овес (з/масса)	220	220	120	5,9	4,3	5,8	7,0	89
Оз. пшеница	190	40	25	5,5	4,6	6,0	7,7	82
Картофель	220	300	180	5,7	4,5	5,9	12,3	86
Ячмень	240	30	18	4,8	6,6	5,8	8,1	72
Кукуруза на з/к	210	350	200	5,7	4,4	5,9	15,0	87
Яр. пшеница	200	30	20	5,8	4,4	6,3	7,1	88
Овес	230	30	18	5,2	4,7	6,0	6,6	77

Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₅₀P₃₀K₅₀;
под зерновые N₁₀P₁₅K₂₀;

Наличие скота (голов): овцы – 1500;
КРС – 200.

Задание 2

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	220	-	-	5,0	7,2	10,0	13,0	72
Оз. пшеница	230	33	20	6,0	8,8	6,0	9,2	88
Сах. свекла	220	300	220	6,2	8,9	7,2	16,4	88
Ячмень	260	30	20	4,7	7,0	6,5	6,6	71
Горох	210	27	20	5,5	8,0	5,8	7,0	82
Оз. рожь	250	30	21	5,5	8,0	8,0	8,2	82
Гречиха	240	25	18	5,6	8,2	6,1	7,8	80

Почва – темно-серая лесная супесчаная.

Дозы удобрений: под пропашные N₄₀P₄₀K₃₀;
под зерновые N₂₅P₄₀K₃₀.

Задание 3

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	320	-	-	5,1	6,0	10,2	16,0	77
Оз. пшеница	310	35	20	5,7	4,2	7,0	10,0	88
Сах. свекла	290	320	200	5,8	4,2	7,3	14,0	88
Гречиха	280	25	15	5,5	4,3	5,9	6,0	85
Горох	330	27	17	5,0	6,0	5,5	6,3	70
Оз. рожь	300	30	22	5,5	4,3	6,1	7,0	80
Кукуруза	300	330	250	5,7	4,2	6,9	10,0	86
Овес	320	20	22	5,6	4,4	7,0	10,0	86

Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₄₀K₃₀;
под зерновые N₃₀P₁₀K₂₀.

Наличие скота (голов): КРС – 680;
овцы – 60;
куры – 2000.

Задание 4

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Одн. травы з.м. (вико-овес)	150	200	150	6,0	4,0	6,5	7,3	88
Оз. рожь	170	32	18	6,2	4,0	6,4	7,4	89
Картофель	140	300	199	5,0	5,9	6,	9,0	78
Яр. пшеница	160	30	20	5,5	5,6	6,8	7,0	82
Овес	140	28	20	5,7	5,7	6,0	6,8	86
Гречиха	145	22	10	5,6	5,6	6,1	6,2	86

Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₄₀P₄₀K₂₀;
под зерновые N₂₅P₂₀K₁₀.

Наличие скота (голов): лошади – 60;
свиньи – 2000;
куры – 5000.

Задание 5

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Горох	180	22	15	6,0	4,8	5,1	10,1	88
Оз. рожь	210	35	23	5,9	4,9	6,2	9,3	87
Картофель	200	253	105	5,3	5,3	4,9	8,6	77
Гречиха	195	15	8	5,2	5,6	4,9	7,3	77
Од. травы (сено)	201	23	12	5,0	5,2	5,3	8,8	72
Оз. пшеница	200	36	22	5,6	5,0	7,1	8,7	82
Корм. корнеплоды	195	400	251	5,0	5,2	8,9	12,6	70
Ячмень	186	28	17	5,7	4,8	6,6	9,3	83

Почва – чернозем выщелоченный легкосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₄₀K₇₀;
под зерновые N₃₀P₂₀K₁₀.

Наличие скота (голов): КРС – 1000;
лошади – 42.

Задание 6

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	220	-	-	4,7	6,0	8,8	15,6	79
Оз. пшеница	199	38	23	5,8	5,0	6,1	7,1	60
Лук	210	200	195	5,9	4,9	5,2	8,8	60
Ячмень	215	31	25	6,0	4,0	5,5	6,2	58
Горох	225	27	15	5,2	4,5	6,6	6,4	65
Оз. рожь	205	35	24	5,4	4,8	6,7	6,2	70
Кукуруза на з/к	200	315	200	5,7	4,6	5,4	9,9	70
Овес	195	29	10	6,0	4,0	5,9	6,0	69

Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₄₀P₄₀K₆₀;
под зерновые N₃₅P₂₀K₂₀;
Наличие скота (голов): КРС взрослые – 850;
КРС молодняк – 150;
лошади – 35.

Задание 7

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	250	-	-	4,8	5,7	8,2	10,1	70
Оз. пшеница	210	38	23	5,6	4,3	5,7	7,0	81
Кукуруза на з/к	230	380	235	5,7	4,0	9,0	12,0	82
Яр. пшеница	250	39	22	5,9	4,0	5,8	7,1	85
Гречиха	220	20	8	5,2	4,4	6,5	7,2	78
Горох	260	27	12	5,7	4,0	6,0	6,7	80
Оз. рожь	250	35	20	6,0	3,7	7,1	7,4	86
Картофель	220	310	195	5,8	4,2	12,1	11,6	85
Овес	225	29	16	5,9	4,6	5,5	6,9	85

Почва – серая лесная среднесуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₃₀P₃₀K₄₀;
под зерновые N₂₀P₁₀K₅.
Наличие скота (голов): овцы – 200;
КРС – 700;
свиньи взрослые – 500;
свиньи молодняк – 250;

Задание 8

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	-	-	5,0	4,7	5,2	5,2	10,0	77
Оз. рожь	40	22	5,6	4,0	5,5	5,5	8,2	80
Кукуруза на з/к	400	280	5,7	4,0	9,9	9,9	12,6	81
Ячмень	30	17	5,3	4,6	5,9	5,9	7,7	78
Чистый пар	-	-	6,0	4,0	7,7	7,7	13,3	83
Оз. пшеница	40	26	5,9	4,0	6,8	6,8	8,8	83
Картофель	320	230	5,5	4,1	8,0	8,0	11,7	80
Ячмень	32	17	5,2	4,6	6,0	6,0	7,0	79
Подсолнечник (семена)	20	10	5,7	4,7	5,2	5,2	12,3	80

Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₄₀P₄₀K₇₀;

под зерновые N₁₅P₂₀K₀.

Наличие скота (голов): куры – 2500;

КРС – 950.

Задание 9

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Клевер 1 г.п. з/м	200	200	100	5,8	5,2	6,6	8,2	80
Клевер 2 г.п. з/м	200	250	100	5,8	6,2	7,0	8,1	80
Клевер 3 г.п. (сено)	200	65	38	5,8	6,2	6,5	8,0	83
Просо	210	30	20	4,9	5,7	6,0	7,2	70
Кукуруза на з/к	220	300	200	5,9	8,3	7,5	11,0	83
Кукуруза на з/к	190	320	250	6,0	8,5	7,6	16,0	84
Ячмень с подсевом трав	200	30	20	5,0	7,8	5,5	6,3	70

Почва – темно-серая лесная среднесуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₁₀K₂₀;

под зерновые N₃₀P₆₀K₁₀.

Наличие скота (голов): КРС – 250;

лошади – 40;

овцы – 3000.

Задание 10

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Клевер 1 г.п. з/м	200	200	150	5,6	4,4	7,0	10,1	82
Клевер 2 г.п. з/м	200	250	180	5,8	4,4	6,2	10,0	83
Клевер 3 г.п. (сено)	200	60	35	6,0	4,0	5,8	9,3	84
Просо	200	30	20	6,0	4,0	6,9	10,0	84
Кукуруза з/к	180	220	180	6,0	4,0	7,0	10,0	84
Оз. пшеница	190	40	23	5,9	4,0	9,0	9,8	83
Кормовая свекла	220	350	200	5,9	4,0	10,1	11,0	84
Яр. пшеница с подсевом трав	225	30	18	5,2	5,3	6,3	7,0	78

Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₄₅P₄₀K₄₀;

под зерновые N₂₅P₂₀K₀.

Наличие скота (голов): КРС – 560;
свиньи – 2000;
овцы – 700.

Задание 11

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	205	-	-	5,0	6,2	5,9	8,8	70
Оз. пшеница	206	35	23	5,1	5,0	7,1	6,9	75
Сах. свекла	185	285	200	5,6	4,4	6,6	10,3	79
Яр. пшеница	230	30	20	5,9	4,2	8,3	7,2	83
Горох	200	22	15	6,0	4,0	6,0	7,2	88
Ячмень	193	25	18	5,6	4,4	5,4	8,8	85
Овес	199	23	14	5,2	5,0	5,8	7,0	81

Почва - чернозем выщелоченный легкосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₉₀P₇₀K₉₅;

под зерновые N₅₀P₅₀K₃₀.

Наличие скота (голов): КРС – 2000;
куры – 1000.

Задание 12

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Горох	220	28	12	5,7	5,0	6,6	8,0	83
Оз. пшеница	230	33	20	5,9	5,0	7,0	7,7	88
Картофель	200	300	200	5,0	5,2	10,0	9,9	72
Ячмень	180	30	18	5,6	5,0	5,9	7,0	83
Вико-овес з/м	195	120	80	5,5	5,3	5,0	6,8	82
Оз. рожь	200	30	20	5,3	5,2	6,2	6,8	81
Кукуруза з/к	210	320	240	5,7	5,0	7,4	8,9	83
Гречиха	190	20	11	5,6	5,1	5,3	7,7	89

Почва – серая лесная супесчаная.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₆₀K₆₀;
под зерновые N₆₀P₂₀K₃₀.
Наличие скота (голов): КРС молодняк – 120;
КРС взрослые – 650;
куры – 1800.

Задание 13

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	250	-	-	5,0	5,2	9,7	16,0	5
Оз. рожь	200	33	23	5,5	5,0	7,0	7,7	80
Лук	220	200	120	5,7	5,0	6,0	8,0	82
Яр. пшеница	220	30	22	5,2	5,4	5,5	7,0	75
Ячмень	230	28	20	5,6	5,0	6,1	7,0	81
Просо	240	30	20	5,7	5,0	6,0	7,2	82

Почва – чернозем типичный среднесуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₄₀K₂₀;
под зерновые N₃₀P₄₀K₁₀.
Наличие скота (голов): КРС – 200;
куры – 5000.

Задание 14

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Кукуруза з/к	195	200	120	5,5	4,3	6,0	12,0	80
Оз. рожь	220	30	20	5,6	4,2	5,7	8,0	80
Картофель	200	250	120	5,0	4,7	7,0	10,0	70
Яр. пшеница	210	28	20	5,7	4,2	5,3	7,0	81
Ячмень	180	30	22	5,8	4,1	5,2	6,2	62
Овес	200	25	10	6,0	4,0	5,4	6,0	83

Почва – темно-серая лесная легкосуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₄₀K₂₀;
под зерновые N₆₀P₄₀K₂₀.

Наличие скота (голов): КРС взрослые – 250;
КРС молодняк – 250;
овцы – 2000.

Задание 15

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	251	-	-	4,9	5,1	5,7	9,3	75
Оз. пшеница	242	33	25	5,6	4,3	6,1	6,9	81
Кукуруза з/к	223	391	200	5,0	6,2	5,2	7,7	72
Яр. пшеница	250	29	18	5,9	3,4	6,9	8,6	86
Одн. травы	230	182	150	5,6	6,0	7,0	8,7	84
Оз. рожь	235	30	28	5,4	3,9	4,0	7,5	80
Картофель	240	252	108	5,2	7,0	5,6	10,3	79
Овес	242	25	17	5,9	6,1	8,8	8,9	87

Почва – серая лесная легкосуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₅₀K₇₀;
под зерновые N₄₀P₃₀K₂₀.

Наличие скота (голов): КРС взрослые – 690;
КРС молодняк – 393;
овцы – 500;
лошади – 49.

Задание 16

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		рН _{КС}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	200	28	12	5,6	5,0	6,6	8,0	83
Оз. пшеница	220	33	20	5,9	5,0	8,0	8,7	88
Картофель	195	300	200	5,0	5,2	10,0	7,9	75
Ячмень	200	30	19	5,7	5,0	4,9	7,0	83
Вико-овес з/м	230	120	80	5,5	5,3	5,0	7,8	82
Оз. рожь	225	30	20	5,3	5,2	8,2	6,9	81
Картофель	210	320	240	5,7	5,0	6,2	7,9	83
Гречиха	180	20	11	5,6	5,1	4,3	6,7	89

Почва – серая лесная супесчаная.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₆₀K₆₀;

под зерновые N₆₀P₂₀K₃₀.

Наличие скота (голов): КРС молодняк – 200;

КРС взрослые – 750;

куры – 2000.

Задание 17

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		рН _{КС}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Горох	210	20	15	6,0	6,8	7,0	4,3	88
Оз. пшеница	200	40	25	5,5	6,0	7,0	4,6	84
Картофель	230	300	180	5,7	5,2	12,3	4,2	87
Гречиха	200	30	18	4,8	6,6	8,1	4,6	70
Кукуруза з/к	195	350	200	5,7	6,0	14,0	4,4	86
Яр. пшеница	210	30	19	5,9	6,0	8,1	4,4	86
Овес	220	25	15	5,2	6,0	6,6	3,7	82

Почва - чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₅₀P₃₀K₅₀;

под зерновые N₁₀P₁₅K₂₀.

Наличие скота (голов): овцы – 1500;

КРС – 200.

Задание 18

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Nг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Вико-овес з/м	235	200	120	5,0	4,0	6,0	12,0	80
Оз. рожь	250	30	20	5,6	4,2	6,7	7,8	80
Картофель	240	250	120	5,0	5,0	7,0	10,0	70
Яр. пшеница	210	28	20	5,7	4,2	5,3	8,0	81
Ячмень	225	30	22	5,8	4,1	6,2	7,2	62
Овес	220	25	10	6,0	4,0	5,4	6,0	83
Подсолнечник на семена	230	15	10	5,4	4,3	7,2	14,0	80

Почва – темно-серая лесная легкосуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₄₀K₂₀;
под зерновые N₄₀P₃₀K₆₀.

Наличие скота (голов): КРС молодняк – 600;
КРС взрослые – 250;
овцы – 2000.

Задание 19

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Nг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	220	-	-	5,7	5,0	6,6	8,0	80
Оз. пшеница	240	35	22	5,9	5,0	7,0	7,7	88
Картофель	230	310	205	5,0	4,7	9,0	10,9	77
Овес	240	30	20	5,7	5,0	6,9	7,0	82
Вико-овес з/м	200	120	30	5,5	5,2	5,0	6,8	82
Оз. рожь	210	32	18	5,0	4,3	6,2	7,9	78
Кормовая свекла	225	320	240	5,7	5,0	8,2	10,0	83
Гречиха	230	20	11	5,6	5,1	6,2	6,7	83

Почва – серая лесная супесчаная.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₆₀K₉₀
под зерновые N₃₀P₂₀K₃₀

Наличие скота (голов): КРС молодняк – 200
КРС взрослые – 920
куры - 1000

Задание 20

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	250	-	-	5,0	5,0	9,7	10,0	75
Оз. рожь	200	33	23	5,5	5,0	6,4	7,0	80
Лук	220	200	120	5,7	5,0	6,0	8,0	82
Яр. пшеница	220	30	22	5,2	5,4	6,5	7,2	75
Ячмень	230	28	20	5,6	5,0	6,1	7,0	81
Гречиха	210	27	18	5,7	5,0	6,0	7,2	82
Картофель	235	320	25	5,6	4,3	7,8	11,5	80

Почва – чернозем типичный среднесуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₅₀P₈₀K₃₀;
под зерновые N₄₀P₄₀K₂₀.

Наличие скота (голов): лошади – 150;
КРС – 750.

Задание 21

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Вико-овес з/м	240	150	100	5,8	4,2	6,0	7,1	85
Оз. рожь	230	32	20	5,5	4,3	6,0	7,0	80
Кукуруза з/к	220	300	195	5,5	4,3	6,1	12,3	80
Яр. пшеница с подсевом трав	245	28	20	5,0	5,2	5,7	8,0	70
Клевер 1 г.п. з/м	225	250	180	5,9	4,0	6,0	8,8	86
Клевер 2 г.п. з/м	230	280	190	6,1	3,9	5,5	8,2	82
Просо	250	14	28	6,2	3,9	5,4	8,0	90
Овес	215	24	17	4,9	5,4	6,0	7,3	73

Почва - серая лесная среднесуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₅₅P₄₀K₆₀;
под зерновые N₃₀P₂₀K₃₀.

Наличие скота (голов): овцы – 1800;
куры – 2000.

Задание 22

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	152	-	-	5,0	4,2	5,2	10,0	71
Оз. пшеница	160	35	20	5,6	4,0	6,5	8,3	80
Картофель	170	400	280	5,7	4,2	9,9	12,9	81
Ячмень	145	30	17	5,2	4,0	6,9	7,7	78
Горох	155	22	15	6,0	4,0	6,7	8,3	83
Оз. пшеница	170	32	25	5,9	4,1	6,8	8,8	83
Картофель	170	320	230	5,5	4,1	8,0	12,7	80
Овес	166	32	17	5,2	4,2	6,0	7,0	72
Подсолнечник на семена	160	20	10	5,7	4,7	8,2	16,3	80

Почва – чернозем типичный среднесуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₅₀P₄₀K₆₀;
под зерновые N₂₀P₃₀K₁₀.
Наличие скота (голов): КРС – 850;
куры – 2500.

Задание 23

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Кукуруза	235	210	110	5,9	4,3	5,8	7,0	88
Оз. рожь	230	34	26	5,5	4,6	6,0	7,7	84
Картофель	195	310	220	5,7	4,5	5,9	12,3	87
Ячмень	220	26	18	4,8	6,6	5,8	8,1	70
Кукуруза	240	350	235	5,7	4,4	5,9	15,0	86
Яр. пшеница	200	30	19	5,8	4,4	6,3	7,1	86
Ячмень	230	28	17	5,2	4,7	6,0	6,6	82
Овес	210	27	20	5,7	4,0	6,4	7,2	88

Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₂₅K₆₀;
под зерновые N₂₀P₁₀K₁₀.
Наличие скота (голов): овцы – 1500;
КРС - 200;
лошади – 100.

Задание 24

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Кукуруза з/к	190	230	160	5,5	4,3	6,0	12,0	80
Оз. рожь	210	32	25	5,6	4,2	6,4	8,0	80
Картофель	200	300	180	5,1	4,5	8,0	11,0	70
Вико-овес з/м	205	110	80	5,7	4,2	5,2	7,2	81
Оз. пшеница	185	30	20	5,8	4,1	6,3	8,0	62
Ячмень	220	27	12	5,7	4,0	6,0	7,0	83

Почва – темно-серая лесная тяжелосуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₃₀P₃₀K₅₅;
под зерновые N₆₀P₂₅K₅₀.

Наличие скота (голов): КРС молодняк – 400;
КРС взрослые – 350;
овцы – 1860.

Задание 25

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Картофель ранний	240	150	95	5,9	4,0	6,3	7,2	86
Оз. рожь	230	33	20	5,5	4,3	6,0	7,0	80
Кормовая свекла	220	320	180	5,5	4,3	7,6	14,3	80
Яр. пшеница с подсевом трав	235	30	18	5,0	5,6	5,7	8,0	70
Клевер 1 г.п. з/м	225	250	160	5,9	4,0	5,9	9,8	86
Клевер 2 г.п. з/м	225	300	170	6,0	3,9	5,7	9,8	82
Просо	250	28	14	6,2	3,9	5,4	8,0	90
Подсолнечник на семена	230	15	10	4,9	5,6	7,4	15,6	70

Почва – серая лесная среднесуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₅₂P₃₀K₆₀;
под зерновые N₂₀P₁₅K₁₀.

Наличие скота (голов): овцы – 200;
куры – 1500;
КРС – 400.

Задание 26

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Горох	215	20	15	5,0	4,9	5,5	7,2	88
Оз. пшеница	240	35	26	5,5	4,6	7,9	9,0	84
Картофель	235	300	200	5,7	4,5	5,9	12,3	87
Ячмень	200	28	19	4,8	5,0	6,6	8,1	70
Кукуруза	220	350	200	5,7	4,4	6,9	15,0	86
Кукуруза	200	300	210	5,8	4,4	7,3	14,2	86
Овес	210	25	15	5,2	4,7	6,0	6,6	82

Почва – чернозем выщелоченный легкосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₇₀P₈₀K₁₂₀;
под зерновые N₃₀P₁₀K₁₀₀.

Наличие скота (голов): овцы – 500;
КРС – 800.

Задание 27

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Горох	310	25	12	5,5	5,0	6,4	8,8	83
Оз. рожь	320	35	20	5,8	5,0	6,9	7,4	88
Картофель	330	300	200	5,0	5,2	10,0	11,9	75
Овес	310	25	20	5,6	5,0	6,9	7,0	83
Горох	340	20	14	5,5	5,2	5,0	7,0	82
Оз. рожь	350	30	20	5,0	5,0	6,2	7,9	81
Кормовая свекла	330	320	240	5,7	5,0	8,2	10,9	83
Гречиха	300	20	11	5,6	5,1	5,3	6,7	83

Почва – серая лесная среднесуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₄₀P₅₀K₆₀;
под зерновые N₃₀P₃₀K₄₀.

Наличие скота (голов): КРС взрослые – 650;
КРС молодняк – 200;
овцы – 200.

Задание 28

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	350	-	-	4,9	5,4	9,7	16,0	75
Оз. пшеница	300	35	27	5,8	4,0	7,0	8,7	80
Сах. свекла	320	300	185	5,7	4,2	6,0	10,0	82
Гречиха	340	25	20	5,1	4,9	5,5	8,0	76
Овес	330	28	20	5,7	4,3	6,1	10,0	81
Просо	325	25	18	5,9	4,0	6,0	8,2	82
Подсолнечник на семена	330	20	14	5,7	4,0	7,7	14,6	88

Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₃₅P₄₀K₂₅;
под зерновые N₄₀P₄₀K₁₀.

Наличие скота (голов): овцы – 5000;
КРС – 700;
Лошади – 150.

Задание 29

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	350	-	-	4,9	4,7	8,7	16,3	75
Оз. рожь	340	35	28	5,6	4,3	6,1	6,9	81
Кукуруза	320	390	250	5,9	4,5	5,2	10,7	72
Ячмень	300	29	18	5,0	4,6	6,9	8,9	86
Овес на з/к	325	180	150	5,6	6,0	6,0	7,7	84
Оз. рожь	345	30	27	5,4	3,9	8,6	8,9	30
Картофель	310	240	100	5,2	7,0	7,6	10,3	79
Подсолнечник на семена	340	20	15	5,9	6,1	8,8	14,6	87

Почва - серая лесная тяжелосуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₅₀K₇₀;
под зерновые N₅₀P₂₀K₁₀.

Наличие скота (голов): КРС взрослые – 75;
лошади – 49;
овцы – 500;
КРС молодняк – 150.

Задание 30

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Томаты	180	350	200	5,2	5,7	7,8	9,4	75
Морковь	170	425	385	5,7	5,2	7,4	9,4	86
Капуста	167	420	295	6,1	5,0	8,0	9,0	88
Огурцы	150	285	150	5,0	5,8	7,4	9,0	80
Свекла столовая	188	310	250	6,1	5,0	7,7	9,5	89
Картофель	200	350	205	5,6	5,2	8,6	11,3	88

Почва – чернозем типичный среднесуглинистый.

Дозы удобрений: под овощные N₆₅P₂₀K₁₂₀.
Наличие скота (голов): овцы – 750;
 КРС – 725;
 лошади – 20.

Задание 31

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Картофель ранний	200	180	100	5,0	4,9	8,8	10,0	78
Оз. пшеница	180	30	20	5,5	4,6	6,9	8,7	80
Картофель	190	290	190	5,7	4,5	8,0	12,3	85
Ячмень	210	30	20	4,9	5,0	6,8	9,0	70
Картофель	195	310	205	5,7	4,4	6,9	14,0	88
Яровая пшеница	205	28	16	5,8	4,4	6,9	7,8	89
Просо	225	30	18	5,1	4,7	7,0	8,6	79

Почва – чернозем оподзоленный легкосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₆₀P₄₅K₄₅;
 под зерновые N₂₀P₃₀K₄₀.
Наличие скота (голов): овцы – 1200;
 КРС – 600.

Задание 32

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		рН _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Чистый пар	360	-	-	5,2	5,2	10,2	14,0	74
Оз. рожь	320	40	30	5,7	4,3	8,1	9,7	86
Кукуруза	345	355	205	5,9	4,0	7,7	12,0	85
Яровая пшеница	325	29	18	5,1	5,4	6,5	8,5	77
Картофель	335	380	255	5,5	4,4	10,0	9,2	82
Овес	330	25	15	5,7	4,2	7,0	8,2	84
Ячмень	340	28	12	5,9	4,0	6,5	8,0	83

Почва – чернозем оподзоленный легкосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₇₀P₂₀K₃₀;
под зерновые N₆₀P₂₀K₁₀.

Наличие скота (голов): КРС – 1000.

Задание 33

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		рН _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Горох	350	25	10	5,6	5,1	6,2	8,3	82
Оз. пшеница	320	35	23	5,8	5,0	7,4	8,9	88
Картофель	300	355	215	4,9	5,8	10,0	11,9	74
Ячмень	330	27	16	5,7	5,0	6,9	8,0	85
Вико-овес з/м	340	180	80	5,0	5,5	5,0	6,3	77
Оз. рожь	345	35	21	5,4	5,2	6,4	7,9	82
Яровая пшеница	325	32	22	5,9	5,0	7,3	9,0	85
Просо	335	30	16	6,0	5,0	6,6	8,8	89

Почва – серая лесная тяжелосуглинистая.

Дозы удобрений: под пропашные N₅₀P₁₀₀K₂₀;
под зерновые N₅₀P₃₀K₄₀.

Наличие скота (голов): КРС молодняк – 800;
КРС взрослые – 750.

Задание 34

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Овес з/м	200	200	115	6,0	3,4	6,8	7,1	89
Оз. пшеница	210	38	29	5,7	3,8	7,0	9,2	85
Картофель	220	330	200	5,0	4,6	6,3	10,8	80
Ячмень	225	25	14	4,9	5,3	6,1	8,4	72
Кукуруза	195	455	220	5,8	3,6	6,9	12,7	86
Яровая пшеница	205	29	14	5,6	3,6	6,4	7,7	86
Овес	230	28	12	5,1	4,5	6,0	7,3	80
Ячмень	220	27	16	5,6	3,7	6,4	8,0	84

Почва – чернозем оподзоленный легкосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₄₅P₂₀K₈₀;
под зерновые N₄₀P₁₅K₄₀.

Наличие скота (голов): овцы – 2000;
КРС – 300.

Задание 35

Севооборот	Площадь, га	Урожайность, ц/га		pH _{KCl}	Нг	мг/100 г почвы		V, %
		план.	факт.			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Картофель ранний	250	240	105	4,9	3,7	6,2	9,0	76
Оз. пшеница	261	30	20	5,6	3,0	6,5	8,4	86
Картофель	270	400	280	5,7	3,0	9,8	11,6	84
Ячмень	245	30	17	5,3	3,5	6,9	8,0	80
Кукуруза з/к	255	250	180	5,0	3,6	8,5	11,3	80
Оз. пшеница	280	40	26	5,9	3,0	6,8	8,8	85
Кормовая свекла	270	360	220	5,5	3,2	8,0	12,0	84
Ячмень	256	30	16	5,2	3,5	6,2	7,3	79
Овес	250	25	10	5,7	3,1	5,8	8,0	88

Почва – чернозем выщелоченный легкосуглинистый.

Дозы удобрений: под пропашные N₈₀P₂₀K₃₀;
под зерновые N₄₀P₃₀K₂₅.

Наличие скота (голов): овцы – 800;
КРС – 850;
куры – 2500.

*Таблица 11– Общая ежегодная потребность севооборота
в элементах питания, т д.в.*

Прием и сроки внесения	Общая потребность		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Основное:			
а) задолго до посева			
б) незадолго до посева			
2. Припосевное			
3. Подкормки:			
а) прикорневая			
б) некорневая			
Всего			

Таблица 12 – Хозяйственный баланс элементов питания в севообороте

Культура севооборота	Вынос, кг/га			Поступление, кг/га									Баланс, ± кг/га		
				с минеральными удобрениями			с навозом			всего					
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
На 1 га															

Интенсивность баланса: по азоту
по фосфору
по калию

Таблица 13 – Расчет баланса гумуса

Культуры севооборота	Вынос N, кг/га		Коэффициенты			Минерализация гумуса, кг/га	Количество растительных остатков, ц/га	Количество углерода в растительных остатках, кг/га	Новообразованный гумус, кг/га		Баланс гумуса, ± кг/га
	всего	из почвы	на культуру	на почву	минерализации				из навоза	из растительных остатков	
На 1 га пашни											

Интенсивность баланса гумуса

Таблица 14 – Потребность в сельскохозяйственной технике для внесения удобрений

Прием и способ внесения удобрений	Объем работ, га	Сроки выполне- ния ра- бот, дней	Машина		Про- изводи- тельность, га	Кoeffи- циент сменно- сти	Количество машин, шт.
			для вне- сения ми- нераль- ных удоб- рений	для вне- сения навоза			
1. Основное: а) задолго до посева б) незадолго до посева							
2. Припосевное							
3. Подкормки: а) прикорневые б) некорневые							

*Таблица 15 – Расчет энергетической
эффективности удобрений*

Показатель для расчета	Культура	Культура	Культура
1. Прибавка урожая, ц/га			
2. Содержание энергии в прибавке, МДж			
3. Затраты энергии, всего, МДж: а) на азотные удобрения б) на фосфорные удобрения в) на калийные удобрения г) на органические удобрения (навоз)			
4. Биоэнергетический КПД			

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия: учебное пособие / Т.А. Власова, Н.П. Чекаев, Г.Е. Гришин, Е.Е. Кузина. – Пенза РИО ПГСХА, 2016. – 171 с.
2. Булаткин, Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов. – Пушкино: ИБПРАН. – 208 с.
3. Быстраков, Ю.И. Экономика и экология / Ю.И. Быстраков, А.В. Колосова. – М.: Агропромиздат, 1988. – 204 с.
4. Власова, Т.А. Система применения удобрений: учебное пособие / Т.А. Власова, Г.Е. Гришин, Е.Е. Кузина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – 161 с.
5. Возделывание картофеля в Пензенской области / А.Ф. Блинохватов, А.П. Дужников, Т.Б. Лебедева и др. – Пенза, 2000. – 76 с.
6. Голубев, А.В. Экономико-экологические основы химизации земледелия. – Саратов, Саратов. СХИ, 1994. – 170 с.
7. Гришин, Г.Е. Разработка проекта системы удобрения / Г.Е. Гришин, Е.Н. Кузин, Т.А. Власова и др. – Пенза: ПГСХА, 1998. – 139 с.
8. Ефимов, В.Н. Система удобрений / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко. – М.: КолосС, 2003. – 320 с.
9. Кидин, В.В. Агрохимия: учебник / В.В. Кидин, С.П. Торшин. – М.: Проспект, 2016. – 608 с.
10. Лебедева, Т.Б. Система удобрения в севообороте / Т.Б. Лебедева. – Пенза: РИО, 2003. – 75 с.
11. Лебедева, Т.Б. Органические удобрения в земледелии лесостепи Поволжья: учебное пособие по агрохимии / Т.Б. Лебедева, Т.А. Власова, А. Н. Арефьев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 122 с.
12. Лебедева, Т.Б. Система удобрений: методические указания / Т.Б. Лебедева, Т.А. Власова. – Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – 110 с.
13. Особенности использования почв и удобрений в правобережной лесостепи Среднего Поволжья: учебное пособие по агрохимии / Т.Б. Лебедева, Т.А. Власова, А.Н. Арефьев и др. – Пенза: РИО ПГСХА, 2009. – 290 с.

14. Практические рекомендации по разработке систем удобрений в условиях малого агробизнеса / Т.Б. Лебедева, Н.П. Чекаев, Т.А. Власова, Н.А. Фомин. – Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – 33 с.

15. Растительная диагностика минерального питания сельскохозяйственных культур: учебное пособие по агрохимии / Т.Б. Лебедева, А.Н. Арефьев, Т.А. Власова, Е.В. Курносова. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 102 с.

16. Самсонова, Н.Е. Удобрения и основы их применения: учебное пособие / Н.Е. Самсонова. – Смоленск: изд-во ССХИ, 2002. – 160 с.

17. Физико-химические свойства почв: учебное пособие / Н.П. Чекаев, А.Н. Арефьев, Е.Е. Кузина, В.Н. Эркаев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 223 с.

18. Чекаев, Н.П. Агроэкологическая оценка земель: учебное пособие / А.Ю. Кузнецов, Н.П. Чекаев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 216 с.

19. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник для студентов вузов / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзоренко. – М.: Колос, 2002. – 584 с.

Татьяна Алексеевна Власова
Николай Петрович Чекаев

СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Учебное пособие
для студентов, обучающихся
по направлению 35.04.03 - Агрохимия и агропочвоведение
(уровень магистратуры)

Редактор Т.А. Власова
Компьютерный набор Н.П. Чекаева
Пособие публикуется в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60×84 1/16

Бумага ГознакPrint

Отпечатано на ризографе

Усл. печ. л. 13,53

Тираж 30 экз.

Заказ №

РИО ПГАУ
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30