

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»

**Н.Е. Самсонова**

# **УДОБРЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ**



СМОЛЕНСК 2014

УДК 631.8 : 631.582.9  
ББК 40.44 : 41.417  
С17

Рецензент: В.А. Шаманаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии и экологии ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА»

**Самсонова, Н.Е.**

**УДОБРЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В  
ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ / Н.Е. Самсонова– Смоленск: ФГБОУ  
ВПО «Смоленская ГСХА», 2014.– 104 с.**

Рассмотрены эффективные приемы, сроки и способы внесения минеральных, органических, бактериальных удобрений с учетом плодородия почв, биологических особенностей и приоритетности сельскохозяйственных культур, погодных и климатических условий. Особое внимание уделено локальному внесению удобрений.

Подготовлено в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство, направленности (профилю) подготовки Агрохимия - очной и заочной форм обучения.

Может быть использовано также аспирантами других направленностей (профилей) подготовки.

Печатается по решению методического совета ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА» (протокол № 07 от « 30 » июня 2014 г.)

УДК 631.8:631.582.9  
ББК 40.44:41.417

©Самсонова Н.Е., 2014  
©Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Смоленская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2014

## ВВЕДЕНИЕ

Задача создания условий для устойчивого функционирования сельскохозяйственного производства, возрастающая потребность в качественных продуктах питания, созданных при минимальных затратах природных ресурсов, вызывает настоятельную необходимость поиска новых технологических решений в организации питания сельскохозяйственных культур.

В настоящее время сложились следующие основные типы технологий по интенсивности сельскохозяйственного производства в растениеводстве:

**Простые (нормальные, традиционные) технологии**, потенциальные возможности которых по урожайности доходят до 20 ц/га. Техника для реализации простых технологий слабо ориентирована на почвозащитную обработку и в основном представляет собой агрегаты старых поколений машин. Эти технологии рассчитаны для регионов с невысоким ландшафтным потенциалом.

**Интенсивные технологии** – рассчитаны на более глубокие знания и требуют вовлечения в процесс производства сельхозпродукции минеральных удобрений, малообъемное использование средств защиты растений от болезней, вредителей и сорняков в зависимости от порога их вредоносности, дифференцированное внесение препаратов в разные фазы развития растений с работой агрегатов по технологической колее. Данный тип рассчитан на благоприятные по увлажнению ландшафты. Их потенциал по урожайности зерновых культур составляет до 30-40 ц/га.

**Высокие (высокоинтенсивные ресурсосберегающие технологии)** – являются самым современным типом, за ними стратегическое будущее конкурентоспособного сельского хозяйства России. Они рассчитаны на наиболее благоприятные ландшафты страны. С их помощью реально получать урожаи зерновых на уровне 50-60 ц/га.

Техника для этих технологий обеспечивает сберегающее землепользование, точное управление процессами возделывания сельскохозяйственных культур, уборки урожая и его хранения. Как правило, эта техника сама контролирует качество выполняемых технологических операций с учетом изменяющихся условий ландшафта и оптимизирует использование всех видов ресурсов. В области применения удобрений и средств защиты растений эта технология позволяет существенно повысить их эффективность, так как базируется на результатах ландшафтно-экологического, почвенного, фитосанитарного и др. обследований с использованием сельскохозяйственных машин, способных дифференцированно выполнять соответствующие рабочие операции. По расчетам зарубежных специалистов, только компьютеризация земледелия может обеспечить от 50 до 600 долларов прибыли в расчете на гектар сельхозугодий.

В отличие от экономически развитых стран Россия далека от потенциального предела продуктивности своего сельского хозяйства, достичь

или приблизиться к которому она сможет за счет поднятия технологического и технического уровней производства.

Имеющиеся агроклиматические ресурсы позволяют России увеличить среднюю урожайность пшеницы до 2,5 т/га (что сопоставимо с аналогичными показателями Канады и США) и составить серьезную конкуренцию на мировом рынке зерна. Гарантией роста урожайности сельскохозяйственных культур, повышения плодородия почв и важным фактором защиты окружающей среды от загрязнения является строгое соблюдение рекомендаций по применению средств химизации.

В связи с низкой платежеспособностью сельскохозяйственных организаций в России в несколько раз ниже уровень внесения удобрений и использования средств защиты растений по сравнению со странами с развитым сельскохозяйственным производством. Так, в расчете на 1 га пашни по сравнению с Австралией вносится в 4 раза меньше минеральных удобрений, с Канадой – в 6 раз, по сравнению с США – в 10 раз меньше. Несоблюдение норм внесения минеральных удобрений и средств защиты растений негативно влияет на плодородие почвы и урожайность, вызывая деградацию и эрозию почв.

Многолетнее использование традиционных технологий возделывания зерновых и других видов культур способствует снижению содержания органического вещества в почве за счет его минерализации. В результате, для восполнения почвенного плодородия требуются повышенные количества органических удобрений и биоресурсов, что ведет к росту производственных затрат.

В сложившихся экономических условиях необходим пересмотр стратегии в применении удобрений, регулировании плодородия почв в направлении энергосбережения, биологизации и экологизации. На современном этапе необходимо обеспечить простое воспроизводство плодородия почв с перспективой его расширенного воспроизводства в диапазоне рентабельного ресурсосберегающего применения удобрений, направленного на снижение деградации структуры почвы, повышение ее плодородия, сохранение влаги и стабилизацию урожайности.

Главные принципы ресурсосберегающих технологий:

- использование севооборотов, включающих рентабельные культуры и культуры, улучшающие плодородие почв;
- повышение плодородия почвы за счет дифференцированной системы применения органических и минеральных удобрений;
- сохранение растительных пожнивных остатков на поверхности почвы;- интегрированный подход в борьбе с вредителями и болезнями с использованием высокоэффективных средств защиты растений на уровне экологического порога вредоносности;
- использование качественных семян, новых высокоурожайных короткостебельных сортов с разными сроками созревания, адаптированных к данным технологиям.

Важнейшей задачей является удовлетворение требований возделываемых культур в питательных элементах, уменьшение потерь удобрений (как в цепи

доставка–хранение–внесение, так и путем необратимого связывания в почве в недоступные растениям соединения), рост эффективности, повышение коэффициента использования из них питательных элементов, повышение или сохранение на уже имеющемся высоком уровне плодородия почвы, улучшение агроэкологических условий.

Достижение наилучших результатов возможно только при грамотно разработанной системе удобрения. Она состоит в экономически и экологически обоснованных дозах удобрений, установленных с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур, их сортовой специфики, планируемой урожайности, предшественников, почвенно-агрохимических и других условий, при выборе наиболее подходящих форм, сроков и способов внесения удобрений. Использование нетрадиционных удобрительных материалов может обеспечить существенную экономию дорогостоящих минеральных удобрений.

## 1 СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ, ЗАДАЧИ, ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ

Различают систему удобрения в хозяйстве, севообороте и систему удобрения отдельных культур.

**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. Она является объединяющим звеном всех форм систем удобрения и имеет специфическое назначение. К нему относятся: обеспечение накопления и приобретения плановых объемов удобрений, их хранения, учета, распределения по внутрихозяйственным объектам применения (севооборотам, кормовым угодьям, садам и т. д.), техническое обеспечение погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки, внесения удобрений с учетом природоохранных мер, оценка агрономической и экономической эффективности агрохимических мероприятий.

Количественно 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, на лугах, пастбищах, в садах.

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 имеющемся 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, угодья (в пересчете на кормовые или зерновые единицы).

**Система удобрения отдельных культур** находится в тесной неразрывной связи с системой удобрения в севообороте, однако между ними нельзя ставить знак равенства. 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).

В зависимости от используемых удобрений система удобрения может быть *органической, минеральной* или *органо-минеральной*. Крупные землепользователи всегда используют органо-минеральную систему удобрения, как наиболее перспективную во всех отношениях. Она является основой расширенного воспроизводства плодородия почв и позволяет оптимизировать баланс питательных элементов. Органическая система удобрения является весьма затратной и 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.

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:

- в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур;
- в улучшении качества получаемой продукции;
- в повышении или сохранении на имеющемся высоком уровне плодородия почв, для почв Нечерноземья – в снижении генетически свойственной пестроты плодородия;
- в сохранении в чистоте окружающей среды;
- в росте экономической эффективности применения удобрений, производительности труда и рентабельности производства продукции растениеводства и животноводства (через дешевые корма).

Общие основные положения научной системы применения удобрений в земледелии 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. Уместно вспомнить слова Д.И. Менделеева, который в 1867 году писал: **«Я встаю против тех, кто печатно и устно проповедует, что все дело в удобрениях,**

***что хорошо удабривая, можно и кое-как пахать».*** Эти слова и сегодня не потеряли своей актуальности.

2. В процессе роста и развития каждое растение предъявляет свои, отличные от других растений, требования к наличию в почве оптимальных количеств и в требуемом соотношении питательных элементов в доступной форме. Учет этого положения особенно важен в первые фазы развития растений, когда корневая система слаборазвита и очень чувствительна к недостатку питательных элементов, особенно фосфора. Как недостаток, так и избыток питания в этот период отрицательно сказывается на росте, развитии растений и формировании урожаев.

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

5. Чаще всего при эквивалентных дозах 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 применять минеральные удобрения, а также использовать солому, пожнивно-корневые остатки, сидеральные культуры, нетрадиционные минеральные удобрительные материалы (цеолиты, диатомиты, сапропели и др., в соответствии с возможностями).

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

7. Важным вопросом, связанным с оптимизацией минерального питания растений, особенно при использовании интенсивных и высокоинтенсивных ресурсосберегающих технологий, является корректировка



доз удобрений на основе результатов химической диагностики питания выращиваемых культур.

Общие требования к разработке и построению проекта на применение удобрений определены ОСТом 10 136-96 и Рекомендациями на составление проекта по применению удобрений (Державин, 2000).

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 и с климатом и погодными условиями, температурным режимом почвы, атмосферы и др.

Одной из важнейших задач рациональной системы удобрения в Нечерноземной зоне является **окультуривание** почв – повышение общего уровня их плодородия. Этот процесс требует времени и значительных затрат. Основными элементами системы удобрения здесь являются известкование и фосфоритование кислых почв, максимальное накопление и использование органических удобрений, применение научно обоснованных доз минеральных удобрений при использовании интегрированной системы защиты растений от сорняков, болезней, вредителей и соблюдении правильного чередования сельскохозяйственных культур во времени и пространстве.

Альтернативное биологическое земледелие (без применения минеральных удобрений, пестицидов и других средств химизации) возможно лишь на ограниченных площадях с высокоплодородными почвами и благоприятными для культурных растений фитосанитарными условиями при наличии достаточного количества органических удобрений. Оно не нашло широкого распространения в зарубежной практике, не смотря на широкую пропаганду и государственную поддержку, так как отказ от применения минеральных удобрений и пестицидов приводит к значительному снижению урожайности, а отсутствие убедительных и объективных данных не позволяет считать продукцию альтернативного земледелия более полезной и чистой (Прижуков, 1989, 1994).

## 2 ПРИЕМЫ, СРОКИ И СПОСОБЫ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В настоящее время в мире применяется широкий ассортимент различных видов и форм удобрений. Это минеральные удобрения, выпускаемые химической промышленностью, местные минеральные удобрения, отходы животноводства, промышленности, коммунального хозяйства, природные удобрительные материалы.

Одним из основных элементов системы удобрения является определение оптимальных сроков и способов внесения удобрений, которые устанавливают исходя из биологических особенностей сельскохозяйственных культур, их сортовой специфики, рекомендаций региональных научных учреждений и агрохимической службы применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям.

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

Одно и то же растение в разные фазы развития в соответствии с меняющимися потребностями усваивает разное количество питательных элементов.

На этапе прорастания молодое растение использует в основном запасные вещества семени, и его потребность в поглощении веществ из почвы невелика. По мере роста и исчерпания запасов семени эта потребность становится значительной и достигает максимума в период интенсивного роста вегетативной массы, цветения и завязывания плодов. В период созревания семян, когда происходит старение растений и прекращение накопления органических веществ, необходимость в питательных элементах из почвы резко уменьшается.

Требовательность сельскохозяйственных культур к содержанию элементов питания в почве определяется продолжительностью периода наибольшего их потребления. Чем короче время интенсивного поглощения растением питательных элементов, тем оно более требовательно к наличию в почве этих элементов в доступной форме. Например, лен-долгунец поглощает максимальное количество питательных элементов за очень короткий период – во время цветения, пшеница – от выхода в трубку до колошения-начала цветения. У гороха к началу формирования семян накапливается 70-80% азота и фосфора от максимального потребления их за вегетацию.

В период, предшествующий окончанию вегетации, потребление питательных веществ из почвы однолетними растениями снижается и затем прекращается. На налив зерна, формирование другой хозяйственно важной части урожая используются элементы питания, которые были накоплены в стеблях, листьях, корнях. Вещества в стареющих вегетативных органах (белки, нуклеиновые кислоты, хлорофилл и другие) подвергаются гидролитическому распаду, и его продукты оттекают в созревающие репродуктивные части растений и запасующие органы (т.е. подвергаются реутилизации, повторному

использованию). В это время целесообразны мероприятия, способствующие интенсификации этого процесса.

На растения отрицательно влияет не только недостаток элементов питания, но и их избыток. Повышенная концентрация солей в почве в период прорастания семян снижает их энергию прорастания и всхожесть, угнетает развитие корневой системы. Чувствительными к концентрации солей в почве являются лук, люпин, горох, кукуруза, морковь, эспарцет, лен, цикорий. Меньше страдают свекла и хлебные злаки – рожь, ячмень, овес, пшеница, кукуруза.

Таким образом, при планировании удобрения сельскохозяйственных культур необходимо учитывать их неодинаковую общую потребность в элементах питания, неравномерность поглощения их в онтогенезе, различную отзывчивость на внесение удобрений. Наиболее полно обеспечить растения всеми необходимыми элементами питания можно путем сочетания внесения удобрений в разные приемы (сроки): *до посева (основное)*; *при посеве* в рядки или гнезда; *в подкормки* уже вегетирующих растений.

Для снижения материальных и энергетических затрат на применение удобрений и сохранения оптимально-возможного агрофизического состояния почв следует внесение удобрений сочетать с другими агротехническими приемами – вспашкой, предпосевной обработкой почвы, посевом, междурядной обработкой почвы и т.п. Самостоятельные операции по внесению удобрений допускаются лишь при невозможности отмеченных совмещений, например, азотные подкормки посевов озимых в фазы выхода в трубку, колошения-цветения и др.

## **2.1 ОСНОВНОЕ (ДОПОСЕВНОЕ) ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

Назначение основного удобрения состоит в обеспечении растений питанием на весь период развития, повышении плодородия почвы за счет обогащения ее питательными элементами и органическим веществом, улучшении физико-химических и физических свойств, усилении биологической активности. До посева вносят навоз, а также 2/3–3/4 и более суммарного годового количества минеральных удобрений, предназначенных для данной культуры.

На рисунке 1 приведена классификация способов внесения удобрений.

Основное удобрение можно внести вразброс (на один год или в запас на два–три года), а также локально.

**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 районах умеренного увлажнения с непромывным 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;

- на легких почвах, особенно в районах избыточного увлажнения, все удобрения следует вносить весной под предпосевную обработку почвы.

Для внесения минеральных удобрений используют разбрасыватели с устройством центробежного типа: 1РМГ-4, НРУ-0,5, РУМ-5, РУМ-8, РУМ-16, МХА-7, РМС-6, КСА-3. Новыми машинами по внесению минеральных удобрений являются: МТТ-4У, РУ-1600, РУ-3000, Л-116, машина компании SIPMA (рис. 2–6). К новым отечественным машинам по внесению жидких минеральных удобрений относится АПЖ-12 (рис. 7).



**Рисунок 1. Классификация способов внесения удобрений**



**Рисунок 2. Машина для внесения твердых минеральных удобрений МТТ-4У**  
(грузоподъемность - 4 т агрегируется с трактором класса 1,4)



**Рисунок 3. Рассеиватель минеральных удобрений РУ-1600**

(грузоподъемность 1,6 т, агрегатируется с тракторами класса 0,9...1,4)



**Рисунок 4. Рассеиватель минеральных удобрений РУ-3000**

(грузоподъемность – 3 т, агрегатируется с трактором класса 2,0)



**Рис. 5. Разбрасыватели минеральных удобрений N-049 и N-060** (двудисковые, объёмом от 400 до 2000 кг, предназначенные для поверхностного внесения удобрений. Рабочая ширина разбрасывания – 10 – 28 м.



**Рисунок 6. Разбрасыватель минеральных удобрений Л-116 (Беларусь)**

Агрегатируется с тракторами класса 0,6 и выше



**Рисунок 7. Машина для внесения жидких минеральных удобрений АПЖ-12**  
грузоподъемность - 7 т агрегируется с трактором класса 1,4

Внесение органических удобрений осуществляют навозоразбрасывателями ПРТ-7, МТТ-9 (рис. 8–9). Органические и фосфорно-калийные удобрения, как правило, вносят осенью под зяблевую вспашку, что обеспечивает попадание их во обеспеченный влагой слой почвы, где развивается основная масса деятельных корней.



**Рисунок 8. Машина для внесения твердых органических удобрений ПРТ –7А**  
грузоподъемность - 9 т, агрегируется с трактором класса 1,4



**Рисунок 9. Машина для внесения твердых органических удобрений МТТ-9**  
грузоподъемность - 9 т, агрегируется с трактором класса 2,0

Азотные удобрения до посева в зонах достаточного, избыточного увлажнения и при орошении, особенно на почвах легкого гранулометрического состава, следует вносить весной под предпосевную обработку почвы. Это заметно снижает размеры вымывания и миграции из корнеобитаемого слоя нитратного азота удобрений и нитратов, образующихся при нитрификации других форм азота.

На почвах легкого гранулометрического состава, часто бедных подвижными формами калия, 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 перемешивание 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 по площади, которая по агротехническим требованиям при использовании разбрасывателей не должна превышать  $\pm 25\%$  (табл. 1).

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

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, %		$\pm 10$
Равномерность распределения по площади, %	при внесении туковыми сеялками	$\pm 15$
	при внесении разбрасывателями	$\pm 25$
Перекрытие смежных проходов агрегата, % от ширины захвата агрегата		6
Время между внесением и заделкой удобрений, ч		не более 12

Заделка удобрений может осуществляться 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, борон. От выбора способа заделки удобрений зависит размещение удобрений в почве (табл. 2).

Таблица 2 – Расположение удобрений в почве при разных способах заделки (% от внесенного количества, по обобщенным данным)

Слой почвы, см	Заделка удобрений				
	легкой бороной	тяжелой бороной	тяжелым культиватором	плугом	плугом с предплужником
0 – 3	92	76	55	11	3
3 – 6	8	22	21	12	4
6 – 9	-	2	23	16	12
9 – 12	-	-	1	16	14
12 – 15	-	-	-	23	20
15 – 18	-	-	-	22	47

При заделке удобрений бороной основная масса удобрений размещается в пересыхающем слое. Этот способ можно использовать при достаточном увлажнении (Нечерноземная зона), орошении, внесении легкорастворимых удобрений. При заделке плугом с предплужником основная масса удобрений попадает в глубокие слои и поздно становится доступной растениями.

Разновидностью разбросного внесения основной дозы является внесение их **в запас**. Сущность его заключается в том, что удобрения вносят не ежегодно (например, по 60 кг/га  $P_2O_5$ ), а в один прием сразу на несколько лет вперед (например, 240 кг/га  $P_2O_5$  на четыре года). Для этих целей можно использовать фосфорные, иногда калийные удобрения.

Теоретической основой возможности запасного внесения фосфорных удобрений является их малая подвижность в почве, низкий коэффициент использования фосфора из удобрений и высокое последствие в последующие годы.

Калийные удобрения можно вносить в запас на тяжелых почвах, где практически отсутствует его вымывание. Разовое внесение их высоких доз может способствовать повышению содержания калия в урожае (свыше 3,5% на сухое вещество) и тем самым действовать отрицательно на организм животных. Кроме того, высокие дозы хлорсодержащих калийных удобрений в первые годы после внесения могут ухудшить качество урожая сельскохозяйственных культур, чувствительных к хлору.

Азотные удобрения – в запас не вносят, так как высокая доза азота может вызвать полегание посевов, усиление поражения растений вредителями и болезнями, ухудшение качества продукции вследствие накопления в ней нитратов, огромные потери азота в результате их вертикальной миграции и поверхностного стока.

Внесение удобрений в запас не получило широкого распространения по ряду причин, основной из которых является ограниченность ресурсов удобрений. Тем не менее, оно используется при выращивании многолетних трав в полевых севооборотах, при коренном улучшении лугов и пастбищ, при проведении фосфоритования кислых почв, при комплексном агрохимическом окультуривании полей с целью увеличения содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах.

Если под посев озимых проводят только поверхностную обработку почвы, то фосфорно-калийные удобрения, характеризующиеся слабой миграционной способностью по профилю почвы по сравнению с азотными, целесообразно внести под предшествующую культуру с учетом потребности в них озимых культур. Это тоже внесение в запас. Как внесение в запас можно рассматривать проведение известкования кислых почв.

**Локальное внесение основной дозы** удобрений является одним из наиболее рациональных способов их использования, о чем свидетельствуют результаты научных исследований, зарубежная практика, отечественный производственный опыт. Так, сравнение разбросного и ленточного внесения азотно-фосфорных удобрений при выращивании пшеницы показало



преимущество последнего (прибавка урожая зерна 0,77 т/га) (Допосевное локальное...)

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

Локальный способ обеспечивает размещение удобрений в виде узких или широких лент, очагов или широкого экрана в обеспеченном влагой слое почвы строго ориентированно относительно корневой системы растений или поверхности почвы. В результате в небольшом объеме почвы формируется очаг высокого содержания питательных элементов. Удобрения в меньшей мере, чем при разбросном способе внесения, контактируют с почвой. Это обеспечивает более полное использование питательных веществ растениями, снижает степень закрепления их почвой, потери и способствует повышению урожайности.

Создание в почве очагов с высокой концентрацией аммонийного азота подавляет процессы нитрификации, что снижает потери нитратного азота из почвы в результате вымывания и повышает степень использования азотных удобрений растениями, особенно при сочетании их с ингибиторами нитрификации. Калий и аммоний меньше подвергаются необменной фиксации почвой.

Формирование в почве очагов с высоким содержанием питательных элементов приводит к усиленному ветвлению корней в зоне расположения ленты удобрений (Трапезников и др., 1999). Еще К.А. Тимирязев (1948) отмечал **«...замечательную особенность корня развиваться преимущественно в тех частях почвы, где он встречает больше питательных веществ»**. 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. Имеются сведения, что локализация удобрений приводит к созданию в почве биологически эффективных величин разности электрохимических потенциалов (Гордеев, 2006).

Как правило, коэффициент использования питательных элементов растениями из удобрений, внесенных локально, выше, чем вразброс, а фиксация фосфора почвой – ниже. Локальный способ внесения удобрений – наиболее 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 (табл. 3). При локальном внесении удобрений лучше решаются и природоохранные вопросы. Локально можно внести основное удобрение, припосевное и подкормку (рис. 1).

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, и из них после этого используется только та часть, которая передвигается вместе с почвенной влагой или в результате диффузии вглубь почвы. Это приводит к снижению коэффициента использования питательных элементов.

При локальном внесении основной дозы удобрений до посева посев проводят под углом к направлению высева семян, а при внесении их одновременно с посевом – удобрения размещают в каждом междурядье или через одно, а также сбоку или ниже семян (рис. 10).

Таблица 3 – Эффективность разбросного и локального внесения удобрений (по данным разных авторов)

Культура	Почва	Число опытов	Урожай без удобрений, т/га	Прибавка от удобрений (т/га) при внесении их	
				вразброс	локально
Зерновые	Дерново-подзолистые суглинистые	18	1,7	1,1	1,7
Картофель	Дерново-подзолистые суглинистые	100	12,9	3,2	6,2
Кукуруза на зерно	Чернозем	3	2,8	0,4	0,5
Сахарная свекла	Чернозем	10	29,2	6,6	9,5
Сахарная свекла	Лугово-сероземная	4	34,5	10,0	16,0
Соя на зерно	Лугово-каштановая	3	2,5	0,4	0,6

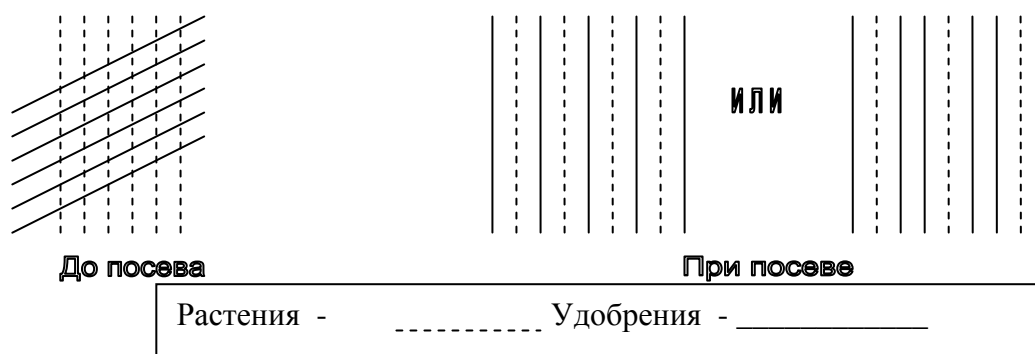


Рисунок 10. Схема расположения удобрений и растений при локальном внесении удобрений до посева и при посеве

В зарубежной практике чаще используют ленточное внесение основной дозы удобрений при посеве, используя комбинированные посевные и посадочные машины. Этот прием позволяет строго ориентировать ленты удобрений относительно рядков растений и располагать их на оптимальном расстоянии от семян.

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

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

Ленты удобрений нельзя располагать в контакте с семенами или очень близко к ним, как и недопустимо чрезмерное удаление их друг от друга. Размещая удобрения на том или ином расстоянии от корневой системы, можно приблизить или отдалить сроки начала использования их растениями. 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.

Увеличение интервалов между лентами при высоких дозах удобрений может неблагоприятно сказаться на растениях из-за повышения концентрации солей в почвенном растворе в зоне ленты. Это может сопровождаться двумя нежелательными явлениями: угнетением растений, расположенных над лентой (если доза удобрений высокая), и позиционной недоступностью удобрений растениям, расположенным в середине интервала (Булаев, 1981). Таким образом, удаление очага удобрений от растений (семян) как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении одинаково отрицательно воздействует на растения.

По результатам исследований Географической сети опытов ВИУА, в Нечерноземной зоне оптимальной считается заделка лент удобрений под зерновые культуры и лен на суглинистых почвах на глубину 7–10 см, на супесчаных и песчаных – на 10–12 см с размещением удобрений в каждом междурядье. Это особенно важно в сухие годы, когда сокращение числа лент может вызвать высокую концентрацию солей в почве (Каликинский, 1980).

Локальное внесение основной дозы удобрений можно осуществить *до посева*, совмещая с паровой или предпосевной обработкой почвы, и *при посеве*. Сдерживающим фактором в применении локального способа внесения основного удобрения является слабая обеспеченность соответствующей техникой. Тем не менее, под зерновые культуры при посеве для этих целей можно использовать зерновые сеялки СЗК-3,3, СЗК-3,6, с помощью которых существует техническая возможность одновременного выполнения трех операций: посева семян, внесения основного и рядкового удобрения. СЗК-3,6 можно использовать в системе точного земледелия.

Локальное допосевное внесение минеральных удобрений можно выполнять также с помощью списанных зерновых сеялок СЗ-3,6. Они обеспечивают заделку удобрений на глубину 8 см при оптимальном интервале. Максимальная доза внесения при включении в работу одновременно зернового и тукового аппаратов составляет 1,4 т/га. Наиболее благоприятно протекает процесс поступления удобрений, если азотные и азотно-калийные удобрения загружать в зерновой ящик, а гранулированный суперфосфат – в туковый. Дисковые сошники при этом устанавливаются на максимальную глубину хода. Перед внесением удобрений поле обрабатывают на глубину 10–12 см, а после посева (проведенного в поперечном направлении или под углом к расположенным лентам удобрений) – прикатывают.

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. Агрегаты для локального внесения удобрений и формирования поверхности гребня приведены на рисунках 11–13.



**Рисунок 11. Агрегат для локального внесения удобрений (разработчик СЗНИИМЭСХ)**  
Агрегатируется с тракторами класса 1,4



**Рисунок 12. Универсальная комбинированная почвообрабатывающая машина-гребнеобразователь**



**Рисунок 13. Разбрасыватель минеральных удобрений KUHN**

Позволяет осуществлять локальное внесение основных доз удобрений (в 1 или 2 полосы, или в 7 рядков). Модели MDS, емкостью бункера от 500 до 1800 литров, с шириной захвата от 10 м до 24 м; модели AXIS (от 1000 до 3000 л) с шириной захвата от 12 м до 42 м.

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.

Параметры ленточного внесения удобрений под зерновые и картофель приведены в таблице 4.

**Таблица 4 – Параметры ленточного внесения минеральных удобрений**

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

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 локализации удобрений проявляется на суглинистых и глинистых почвах, слабо – на супесчаных и еще слабее – на песчаных почвах.

Исследованиями кафедры агрохимии БГСХА показано, что эффективность ленточного внесения удобрений снижается с повышением уровня плодородия почвы, но и на фоне высокого плодородия она остается достоверно выше разбросного внесения.

Локализация удобрений требует более точного их дозирования, исключающего 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.

Отечественный и зарубежный опыт с достаточной убедительностью показывают, что дозы удобрений при локализации можно сократить на 30–50% по сравнению с разбросным способом.

По снижению отзывчивости на локализацию удобрений сельскохозяйственные культуры располагаются в следующем порядке: картофель – корнеплоды – зерновые; среди зерновых: ячмень – озимая и яровая пшеница – овес – озимая рожь. Эффективность ленточного внесения зависит также от сортовых особенностей сельскохозяйственных культур. По данным БГСХА, более требовательные к условиям питания сорта лучше отзываются на ленточное внесение удобрений, однако этот вопрос пока изучен недостаточно.

Профессор А.В. Петербургский еще в 1975 г. отмечал: ***«задача состоит в том, чтобы каждый килограмм питательных веществ дал максимальный эффект. А это возможно только при локальном использовании удобрений»***. Сегодня при ограниченных возможностях использования удобрений эти слова особенно актуальны.

## **2.2 ПРИПОСЕВНОЕ (РЯДКОВОЕ) ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

Несмотря на то, что в начале роста растения питаются в основном за счет запасных веществ семян, уже в этот период может возникнуть необходимость в дополнительном, стартовом питании. Это особенно важно для культур, имеющих мелкие семена с небольшим запасом питательных веществ.

Локальное внесение небольших доз удобрений при посеве создает благоприятные условия питания молодых растений. Растения быстрее растут, формируют достаточно мощную корневую систему за короткий период времени и лучше переносят недостаток влаги в период ранних весенних засух. Хорошее развитие корневой системы позволяет им в дальнейшем лучше использовать питательные элементы основного удобрения и почвы. Быстрый рост надземных органов повышает конкурентную способность культурных растений и позволяет им лучше бороться с сорняками.

Для припосевного внесения наиболее эффективны гранулированные фосфорные удобрения. При их использовании создаются местные очаги с повышенной концентрацией питательных веществ. Гранулированные удобрения, по сравнению с порошковидными, имеют ограниченную площадь соприкосновения с почвой и поэтому значительно меньше закрепляются в ней в формах, недоступных для растений. Удобрение, внесенное в рядки, гнезда, полнее используются растениями. Так, 50 кг/га гранулированного суперфосфата, внесенного в рядки вместе с семенами зерновых культур, дает такое же повышение урожайности, как 2–3 ц/га порошкообразного суперфосфата, внесенного вразброс до посева под культивацию.

Рядковое внесение стартовой дозы удобрений – это всегда локальное внесение. Назначение припосевного удобрения – усилить минеральное питание молодых растений в начальные фазы, что важно для последующего их развития, и за короткий промежуток времени обеспечить формирование хорошо развитой корневой системы. Наиболее важным в этот период является фосфор, что наглядно демонстрируют результаты вегетационного опыта, который позволяет с высокой точностью моделировать условия питания растений (табл. 5). Недостаток фосфора в начале развития растений невозможно восполнить проведением подкормок в силу того, что закладка репродуктивных органов идет именно на ранних этапах развития, а также из-за специфики поведения фосфорных удобрений в почве (отсутствие горизонтальной и вертикальной миграции). Благодаря рядковому удобрению растения быстрее развиваются и легче переносят временную засуху, меньше повреждаются вредителями и болезнями, лучше подавляют сорную растительность.

Таблица 5 – Питание фосфором и урожай ячменя, г/сосуд

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 дня	25,4	6,7
	от 30 до 45 дня	28,0	5,7
	от 45 до 60 дня	26,6	6,6

Значительно меньшее значение в рядковом удобрении принадлежит азоту, а калий часто не дает эффекта (кроме калиелюбивых 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 – по 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 имеется прослойка почвы. Это особенно важно, если в состав рядкового удобрения вместе с фосфором входит азот и калий.

Наиболее устойчивый эффект от рядкового удобрения отмечается на почвах невысокого плодородия. Прибавка урожаев от 10 кг/га фосфора составляет 2,5–3 ц/га в пересчете на зерно, оплата 1 ц суперфосфата прибавкой

колеблется от 0,4 до 0,58 т/га (табл. 6). По эффективности 10 кг/га фосфора, внесенного при посеве (в рядки), равноценны 45 кг, внесенным вразброс.

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, нитрофоску, нитрофос, нитроаммофоску, нитроаммофос) и не применяют смеси из однокомпонентных удобрений. На высокоплодородных почвах, а также при внесении высоких доз удобрений до посева, эффективность рядкового удобрения невысокая или может вовсе не проявляться.

Таблица 6 – Эффективность рядкового удобрения в разных почвенно-климатических зонах (данные ВИУА)

Культуры	Почвы	Количество опытов	Урожай в контроле, т/га	Прибавка урожая, т/га	Оплата 1 ц суперфосфата прибавкой урожая зерна, т
Озимые зерновые	Дерново-подзолистые	2	2,05	0,34	0,58
	Черноземы, серые лесные и каштановые	17	2,22	0,28	0,56
Яровая пшеница	Дерново-подзолистые	29	1,62	0,30	0,60
	Черноземы, серые лесные и каштановые	60	1,58	0,20	0,40

Для внесения стартовой дозы удобрений при посеве используют сеялки типа СЗ-3,6. На кукурузных и свекловичных сеялках, выполняющих гнездовое и рядковое внесение минеральных удобрений, устанавливаются туковысевающие аппараты АТД-2 и АТ-2А. Свекловичные сеялки ССТ-8 и ССТ-12А имеют соответственно два и три туковысевающих аппарата. Картофелепосадочные машины СКС-4, СКМ-3, СКМ-6, СН-4Б и другие оборудованы аппаратами АТ-2А и АТД-2 для внесения удобрений в рядки (лентами). Сеялка точного высева СТВ-8КУ позволяет одновременно с семенами вносить стартовое удобрение.

### **2.3 ПОДКОРМКА (ПОСЛЕПОСЕВНОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ)**

Подкормка – прием, дополняющий основное удобрение. Ее целью является усиление питания растений в периоды интенсивного роста, повышение урожайности и улучшение качества продукции.



Эффективность подкормок в сильной степени зависит от влажности почвы в течение вегетации. На почвах тяжелого и среднего гранулометрического состава с залеганием грунтовых вод и галечника глубже 3 м, где мала вероятность вымывания питательных веществ, перенесение из основного удобрения в подкормку части азотных удобрений, не говоря уже о калийных и фосфорных удобрениях, не сопровождается повышением урожая. Но при этом повышаются расходы на их внесение. В проведении подкормок должен быть дифференцированный подход в зависимости от особенностей почвенно-климатической зоны и биологии культур.

Для повышения продуктивности озимых зерновых и культурных лугов и пастбищ большое значение имеет ранневесенняя подкормка азотными удобрениями в период, когда растения возобновляют рост. Основным условием, определяющим ее эффективность, является содержание влаги и минерального азота в почве и снижение размеров вымывания питательных веществ из удобрений. После перезимовки растения ослаблены, для продолжения роста они нуждаются в питательных элементах, особенно азоте, запасы подвижных форм которого в почве рано весной обычно невелики. При повышении температуры усиливается микробиологическая мобилизация почвенного азота, поэтому, чем позже проводится подкормка азотными удобрениями, тем ниже ее эффективность.

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

Ранневесенняя подкормка – обязательный агротехнический прием при выращивании озимых зерновых культур. Она способствует росту, кущению и закладке репродуктивных органов озимых, что обеспечивает получение высокого урожая, и создает условия для формирования высококачественного зерна. Прибавка урожайности при такой подкормке составляет 3–4 ц/га.

Дробное внесение азотных удобрений повышает продуктивность растений и улучшает качество зерна, благодаря более полному обеспечению потребности растений в этом элементе.

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 сельскохозяйственной культурой полосы для прохода техники). Некорневая подкормка повышает эффективность удобрений, внесенных в почву.

Некорневые подкормки позволяют целенаправленно регулировать химический состав и качество продукции растениеводства. Подкормка пшеницы мочевиной в период колошения–цветения повышает содержание

белка в зерне на 0.5–2%, при этом внесенный азот активно включается во фракции глиадинов и глютелинов – белков, образующих клейковину. Это приводит к повышению ее содержания на 3–5% и улучшению хлебопекарных качеств пшеничной муки.

Некорневая подкормка пшеницы азотом особенно эффективна на поливных участках: содержание белка в зерне пшеницы оказывается нередко выше, чем на богаре (без полива).

С помощью некорневых подкормок можно повысить сахаристость корнеплодов сахарной свеклы. Ко времени уборки этой культуры в листьях остается 3–4% сахарозы. Для того чтобы переместить ее из листьев в корнеплоды, применяют предуборочную (за 3–4 недели до уборки) некорневую подкормку растений фосфорно-калийными удобрениями. Калий усиливает подвижность углеводов в листьях и способствует их оттоку в корнеплоды. Он не только активизирует транспорт сахарозы по флоэме, но и повышает активность амилаз – ферментов, при участии которых происходит гидролитическое расщепление крахмала в листьях с образованием транспортных форм углеводов. Калий необходим также для образования сахарозы в самих корнеплодах. Одновременное с калием внесение фосфора усиливает этот процесс. Поэтому уже через 2–4 дня после подкормки количество сахаров в листьях начинает уменьшаться, благодаря их оттоку в корни, а сахаристость корнеплодов в итоге повышается на 1–2%.

Для клевера и люцерны эффективна некорневая подкормка микроэлементами – бором и молибденом. Бор усиливает рост пыльцевых трубок, прорастание пыльцы, увеличивает количество цветков и плодов, положительно влияет на образование семян, ускоряет их созревание. Поэтому при выращивании клевера на семена подкормка бором очень желательна. Молибден улучшает образование клубеньков на корнях, способствует лучшей фиксации азота из воздуха и накоплению белков в растениях, повышает качество урожая сена и семян.

Некорневыми подкормками можно влиять и на химический состав технических культур. Например, продуктивность эфирноносных растений, у которых эфирное масло добывается из вегетативных органов (мята, герань, базилик), можно повысить на 40–70% путем подкормки азотом перед цветением. Внесение азота задерживает процессы физиологического старения листьев, удлиняет период активного синтеза эфирных масел и увеличивает выход этого продукта. Фосфорная кислота, внесенная в этот период, наоборот, ускоряет старение листьев и снижает накопление эфирного масла.

Подкормка азотом растений, у которых эфирное масло добывается из соцветий или семян (кориандр, анис, шалфей, фенхель), задерживает сроки наступления цветения и созревания семян и значительно уменьшает сбор эфирного масла.

Следует учитывать, что некорневая подкормка не может заменить основного удобрения и может рассматриваться только как дополнительный прием, так как без основного удобрения она не обеспечивает нормального роста растений, не позволяет заметно повысить урожайность сельскохозяйственных

культур. Задача некорневой подкормки состоит в повышении качества продукции растениеводства.

Недостаток питания растений через листья состоит в том, что при опрыскивании можно использовать только сильно разбавленные растворы (0,5–2%-ные) и дать растению только небольшое количество питательных веществ, несоизмеримое с количеством, поглощаемым корневой системой и необходимым для полного обеспечения растения данным элементом. Многие минеральные соли даже в небольших концентрациях вызывают ожоги листьев. Поэтому растворы не всех солей одного и того же питательного элемента можно применять для некорневых подкормок.

Из азотных удобрений для этой цели лучше подходят растворы мочевины, которая, в отличие от других форм азотных удобрений, не обжигает листья даже в повышенной концентрации (20%-ный раствор). Она хорошо усваивается растениями и может поглощаться клетками листьев в виде целой молекулы. Использование мочевины для синтеза органических азотистых веществ в растениях осуществляется благодаря наличию у них активного фермента – уреазы, который подвергает мочевины гидролизу с образованием аммиака, идущего на синтез аминокислот и амидов.

Некорневые подкормки фосфором практически не используются. Нормальный рост растений обеспечивается только при поступлении фосфора через корни. Через листья можно давать лишь небольшие количества этого элемента от общей потребности растений: при выращивании бобов, кукурузы, томатов – до 14%; при выращивании яблони, груши – 8–12%.

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

Ориентировочные дозы, используемые под озимые, составляют 30–60 кг/га азота (но не более 80), под лен – 20–40, картофель – по 30–40 кг/га азота и калия, кукурузу – 40 кг/га азота, многолетние травы – 20–40 кг/га азота. Если до посева многолетних трав под покровную культуру было мало внесено удобрений, то рекомендуется после уборки покровной культуры подкормить травы фосфором и калием (по 40–60 кг/га).

Подкормки озимых можно проводить рано весной при возобновлении вегетации (продолжение фазы кущения), в начале фазы выхода в трубку и летом 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 зимовки, а также летом для повышения качества зерна;
- в условиях орошения при частых поливах и длительном периоде вегетации культур;

- при высоких дозах минеральных удобрений, когда разовое их внесение может повысить концентрацию почвенного раствора и отрицательно отразиться на развитии растений;

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

- при подкормке 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.

Удобрение, внесенное в виде подкормки, позволяет эффективно регулировать питательный режим в наиболее важные периоды развития растений, влиять на величину и качество урожая, а также повышать адаптационные возможности растений к изменяющимся условиям выращивания.

Целесообразность и дозы удобрений при подкормках уточняют по результатам почвенно-растительной диагностики минерального питания растений.

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

### **3 ПРИЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Рациональная система применения любых удобрений под сельскохозяйственные культуры должна учитывать их биологические особенности в потреблении питательных элементов в онтогенезе, запасы питательных элементов в почве, действие удобрений на урожайность и качество продукции выращиваемых культур, особенности трансформации удобрений в почве, их способность к миграции, охрану окружающей среды.

Азотные удобрения, внесенные в почву, не только используются растениями, но и подвергаются иммобилизации под действием микрофлоры почвы, переходя в различные органические соединения.

В органическом веществе почвы в среднем закрепляется 20-30% внесенного азота. Этот азот не используется растениями в первый год, и становится доступен им только на второй и последующий годы, причем, степень его усвоения из года в год уменьшается.

Биологическое закрепление азота особенно выражено при внесении аммонийных и аммиачных форм удобрений (до 40% от внесенного азота). Нитратный азот подвергается иммобилизации гораздо в меньших количествах – до 20% от внесенного количества. На хорошо окультуренных почвах, а также

почвах, богатых гумусом, при совместном внесении минеральных и органических удобрений закрепление азота возрастает.

Внесенный в почву аммонийный азот ( $\text{NH}_4^+$ ) поглощается почвой обменно, оставаясь доступным для растений. Он может также закрепляться в почве глинистыми минералами необменно. Этот необменно фиксированный азот не участвует в питании растений до его высвобождения из этого состояния, но предохраняется от вымывания из почвы и процессов денитрификации. Необменно фиксированный аммонийный азот составляет 20–25% от общего азота удобрений, закрепленного почвой.

Кроме необменной фиксации аммонийный и аммиачный азот подвергается химическому связыванию в результате присоединения к фенольным группам органических веществ с последующим включением в состав гетероциклических колец и переходом в химически устойчивую форму. Такое связывание  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NH}_3$  зависит от содержания органического вещества в почве. Наиболее активно этот процесс в Нечерноземной зоне протекает в торфяно-болотных почвах. На кислых дерново-подзолистых почвах с низким содержанием гумуса химическое связывание аммиачного азота органическим веществом при средних дозах азотных удобрений невелико и не может оказать влияния на азотное питание растений.

При внесении азотных удобрений усиливаются процессы минерализации органического вещества почвы. Известкование кислых почв, независимо от формы азотных удобрений, значительно увеличивает мобилизацию и усвоение растениями азота почвы. Максимальная скорость процессов минерализации и иммобилизации азота отмечается в первые 5 дней после внесения удобрений и продолжается в основном 2–3 недели.

Исследования с использованием метода меченых атомов показали, что в полевых условиях в зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственных культур непосредственно из удобрений усваивается 30–50% азота, причем размеры усвоения практически не зависят от формы азотного удобрения. Хотя в целом растения усваивают больше азота из почвы, чем из минеральных удобрений (Милащенко и др., 1990), но в первые 3–4 недели азот интенсивнее поглощается из удобрений, чем из почвы, а через 40–50 дней – в основном из почвы, поэтому доля почвенного азота в общем выносе со временем повышается.

На эффективность азотных удобрений наиболее сильное влияние оказывает влажность почвы. При достаточной водообеспеченности их действие усиливается.

Важным моментом в эффективности азотных удобрений является соотношение питательных элементов в питании растений. Так, поглощение азота теснейшим образом связано с обеспеченностью их фосфором. С повышением доз макроэлементов увеличивается потребность в микроэлементах.

Следует отметить, что эффективность твердых форм азотных удобрений зависит от равномерности их внесения. Опыт Беларуси показывает, что в производственных условиях более высокие прибавки урожаев достигаются при

внесении жидких азотных удобрений (КАС) с помощью опрыскивателей, а мочевины и других твердых форм азотных удобрений – с помощью сеялок и разбрасывателей, позволяющих равномерно вносить их в почву (РШУ-12 и др.) (Вильдфлуш и др., 2002).

Существенно снизить затраты азотных удобрений для получения экологически обоснованных урожаев сельскохозяйственных культур можно за счет дробного внесения и корректировки доз удобрений на основе почвенной и растительной диагностики питания растений.

Внесение повышенных доз азотных удобрений способствует развитию болезней, ведет к полеганию растений, снижению урожайности, затруднению в уборке. Поэтому дозы удобрений следует определять с учетом почвенных условий, особенностей предшественника, внесенных под него удобрений и других агротехнических условий.

Большое влияние на урожайность оказывают сроки внесения азотных удобрений. Для исключения потерь азота за счет вымывания азотные удобрения под большинство сельскохозяйственных культур следует вносить преимущественно весной, приближая к периоду активного потребления их растениями. Исключение составляют озимые зерновые. Небольшая доза азота им требуется осенью, при этом имеют преимущество аммонийные и амидные удобрения, азот которых практически не вымывается из почвы. Если под озимые вносятся навоз или другие органические удобрения или предшественником являются бобовые травы, то азотные удобрения до посева можно не вносить, а использовать его весной в подкормки.

Для корректировки доз минерального азота в период от конца кущения до колошения зерновых культур следует использовать растительную диагностику содержания в вегетативных органах нитратного (тканевая диагностика) или общего азота (листовая диагностика). По данным Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии применение такой системы дает экономию затрат азота удобрений до 20–40 кг/га, снижение удельных энергетических затрат на 16–51% на зерновых культурах и в 1,5–2 раза – на картофеле. Потери азота из почвы и удобрений сокращаются на 10–20%. Это обеспечивает также содержание нитратов в продукции ниже предельных значений и снижение загрязненности окружающей среды азотистыми соединениями.

Одним из путей сокращения непроизводительных потерь минерального азота является использование медленнодействующих азотных удобрений, полученных на основе конденсации мочевины с альдегидами, капсулированных полимерными, силикатными и другими пленками и др. (на легких почвах на 27–46%), а также локальные способы внесения растворимых азотных удобрений.

При ленточном их внесении в почве создаются очаги повышенной концентрации питательных элементов, которые интенсивнее и полнее используются растениями, чем при разбросном внесении. Повышенная концентрация аммонийного азота в ленте удобрений замедляет нитрификацию и обеспечивает сокращение потерь азота за счет вымывания из корнеобитаемого слоя. Вокруг очага азотных удобрений в несколько раз

возрастает мобилизация почвенного азота. В результате при локальном внесении удобрений создаются более благоприятные условия питания растений, коэффициенты использования азота из минеральных удобрений увеличиваются на 10–15%.

Единственной альтернативой минеральному техническому азоту является биологический азот. Под ним понимают азот, поглощаемый из воздуха клубеньковыми (симбиотическими) бактериями бобовых растений (род *Rhizobium*), несимбиотическими (свободноживущими) азотфиксаторами почвы и ассоциативными азотфиксаторами (род *Azospirillum* и др.), живущими главным образом за счет корневых выделений.

Установлено, что ежегодно биологическим путем фиксируется  $175 \cdot 10^6$  т азота, причем  $90 \cdot 10^6$  т – в почвах сельскохозяйственных угодий. Симбиотическая азотфиксация ежегодно дает  $40 \cdot 10^6$  т азота. Для сравнения – промышленное производство дает около  $50 \cdot 10^6$  т азота.

Способность бобовых растений к фиксации атмосферного азота посредством симбиоза с клубеньковыми бактериями очень высокая, доля ее в общем азоте может достигать 75–85 %. Кроме того, высокоурожайные многолетние бобовые травы оставляют в почве до 10–13 т/га, а иногда и больше, сухого органического вещества, содержащего 200–250 кг/га азота. Его достаточно для формирования прибавки урожая пшеницы 1,0–1,5 т/га.

Важнейшим приемом повышения размеров симбиотической азотфиксации и продуктивности бобовых культур является обработка семян высокоэффективными препаратами клубеньковых бактерий. Во многих странах этому приему подвергается 70–80% посевов бобовых культур (Берестецкий, 1984). Наиболее эффективным препаратом для повышения способности бобовых культур фиксировать азот из атмосферы является ризоторфин – культура клубеньковых бактерий, размноженных в стерильном торфе с частицами 0,25 мм.

При обработке семян ризоторфином следует применять растворы прилипающих веществ: гуммиарабик, NaКМЦ, ПВС (поливиниловый спирт), обрат и др. Гуммиарабик используют в виде 40% водного раствора, NaКМЦ – в виде 1%-ного водного раствора, ПВС – 2,5 % раствор. Обрат получают при сепарировании цельного молока. Обработку семян ризоторфином можно совмещать с обработкой микроудобрениями и пестицидами.

Важным условием активной симбиотической фиксации азота является также:

- влажность почвы – 60–70% от полной влагоемкости;
- температура почвы – 20–24 °С;
- рН почвы – 6–7. Амплитуда рН для роста бобовых растений обычно шире, но за пределами рН 3,5 – 11,5 рост клубеньков приостанавливается;
- обеспеченность растений элементами питания (при повышенной концентрации минерального азота в почве образуется мало клубеньков или они отсутствуют; при низком содержании фосфора – снижается проникновение бактерий в корневые волоски; недостаток кальция отрицательно сказывается на физиологических свойствах и размножении бактерий);

- обеспеченность растений микроэлементами, особенно молибденом.

Для снижения остроты проблемы обеспечения земледелия азотными удобрениями следует расширять посевы бобовых трав – естественных накопителей азота в почве – клевера, люпина, люцерны, бобово-злаковых смесей. По данным ученых Беларуси благоприятная структура кормов и система использования земли складывается, когда многолетние травы на пашне составляют 22–25% общей площади посевов (Вильдфлуш и др., 2002). По данным ВНИИ люпина после люпина в почве остается 150–160 кг фиксированного из атмосферы азота.

Таким образом, рост продуктивности растениеводства теснейшим образом связан со снабжением растений азотом. Оптимизация азотного режима почв обусловлена:

- увеличением содержания органического вещества и соответственно валовых запасов азота;
- насыщением севооборотов до оптимального уровня бобовыми культурами для использования биологического азота как наиболее дешевого и экологически безопасного из всех видов азота, используемых растениями;
- регулированием процессами минерализации органического вещества;
- решением проблемы более рационального использования азотных удобрений.

#### **4 ПРИЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Проблема обеспечения отечественного земледелия фосфорными удобрениями осложняется ограниченностью высококонцентрированного фосфатного сырья, а также большой энергоемкостью его обогащения и производства современного ассортимента фосфорсодержащих минеральных удобрений. Вместе с тем, бедных фосфором почв в России очень много. В Смоленской области каждый пятый гектар имеет низкое и очень низкое содержание подвижных фосфатов. Оптимальным для дерново-подзолистых почв считается содержание подвижных фосфатов не менее 150 мг/кг почвы.

Страны, достигшие оптимального уровня содержания подвижного фосфора в почве, переходят на ресурсосберегающую систему применения фосфорных удобрений, основанную на возмещении выноса этого элемента питания урожаями сельскохозяйственных культур. В России на недостаточно окультуренных почвах необходимо вносить фосфорные удобрения не только для компенсации выноса, но и для увеличения содержания его в почве. Оптимальные дозы фосфора на почвах с недостаточным его содержанием должны быть в пределах 120–180% от выноса с урожаями сельскохозяйственных культур. Однако в связи с дороговизной и дефицитом фосфорных удобрений концепция их применения пересматривается в сторону снижения доз, которые уже не обеспечивают желаемого расширения плодородия почвы.



Чтобы получить наиболее высокую отдачу от применения фосфорных удобрений, необходимо учитывать их превращение в почвах.

Дерново-подзолистые почвы имеют очень высокую поглотительную способность в отношении вносимых с удобрениями фосфатов (890–1690 мг/кг почвы), которая обусловлена, прежде всего, их кислотностью. В кислых почвах фосфат-анионы прочно закрепляются химически, переходя в труднорастворимые соединения с алюминием и железом, в почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией среды образуются труднорастворимые фосфаты щелочноземельных металлов (кальция, магния). Считается, что минимальное поглощение фосфатов имеет место в интервале рН 6,0–6,5.

Сохранению фосфатов, вносимых с минеральными удобрениями, в усвояемой для растений форме и повышению их эффективности способствует сочетание внесения фосфорных удобрений с органическими и известкованием кислых почв в севообороте.

Рациональное использование фосфорных удобрений определяется и биологическими особенностями возделываемых культур. Наиболее требовательны к фосфору озимая пшеница, картофель, овощные, кормовые и технические культуры. Ячмень, лен, однолетние и многолетние травы практически одинаково отзываются как на непосредственное внесение фосфорных удобрений, так и на их последствие (внесение под предшествующую культуру).

При основном (до посева) внесении дозы фосфора колеблются от 30 до 90 кг/га д.в.; более высокие дозы вносят под плодовые, овощные и технические культуры, средние – под картофель, кукурузу и кормовые культуры. В целом, дозы фосфорных удобрений определяют с учетом уровня планируемой урожайности, биологических особенностей возделываемых культур, свойств почвы, предшественника, последствия внесенных под предшественник удобрений.

В условиях дефицита фосфорных удобрений внесение основных доз следует проводить только на пахотных почвах с недостаточным содержанием подвижных фосфатов (менее 150 мг/кг почвы), так как в этих условиях эффективность удобрений наибольшая. На почвах с повышенным их содержанием (150–250 мг/кг почвы) следует ограничиться рядковым внесением стартовой дозы фосфора под наиболее требовательные к фосфорному питанию культуры (озимую и яровую пшеницу, зернобобовые, рапс, лен, сахарную свеклу). На почвах с содержанием фосфора более 250 мг/кг почвы фосфорные удобрения временно (несколько лет) можно не применять, используя приемы мобилизации почвенных фосфатов (известкование кислых почв, внесение азотных, калийных, микро-, органических удобрений и другие агротехнические приемы). Кислые почвы (рН менее 5,5, гидролитическая кислотность – 2,5 мг-экв/100 г и более), бедные фосфором (менее 50 мг/кг почвы) можно подвергнуть фосфоритованию, используя для этих целей самое дешевое фосфорное удобрение – фосфоритную муку. Такой подход позволит получить наиболее высокую окупаемость фосфорных удобрений и не приведет к снижению достигнутого уровня содержания подвижных фосфатов в почвах.

Наиболее эффективным приемом внесения фосфорных удобрений является внесение их при посеве в рядки. Для этих целей можно использовать только растворимые в воде фосфорные удобрения (простой, двойной, аммонизированный суперфосфат, а также комплексные удобрения – аммофос, нитрофос, нитрофоску, нитроаммофос, нитроаммофоску). Урожайность зерновых культур при рядковом внесении фосфора повышается на 2,5 ц/га, а оплата 1 кг фосфора урожаем примерно втрое выше, чем при основном внесении вразброс.

Для эффективного использования растениями внесенного с удобрением основной дозы фосфора необходима их заделка вспашкой или глубокой культивацией во влагообеспеченный корнеобитаемый слой почвы, так как фосфор в почве малоподвижен и при поверхностной заделке не сможет достигнуть зоны активной корневой системы. Глубина вспашки определяет и глубину заделки удобрения.

Срок внесения фосфорных удобрений связан с кислотностью почвы. Для почв с реакцией среды близкой к нейтральной он не имеет существенного значения. На кислых почвах нельзя допускать, чтобы удобрения долго находились без растений, то есть под культуры ярового сева их лучше внести весной до посева, чем осенью. В противном случае будет отмечаться выраженный переход водорастворимых удобрений в труднорастворимое, а, следовательно, недоступное для растений состояние.

В год внесения из минеральных фосфорных удобрений растения усваивают лишь 15–20 % фосфора, из органических – 25–30%, а за ротацию севооборота – соответственно 30–40 и 40–50%. При рядковом внесении фосфорных удобрений коэффициент использования фосфора в два раза выше, чем при основном внесении вразброс.

Важным приемом повышения эффективности основной дозы фосфорных удобрений является внесение их локально – лентами, которое позволяет увеличить коэффициент использования фосфора из удобрений на 7–10% по сравнению с разбросным. Как показали исследования кафедры агрохимии БГСХА, наиболее высокую прибавку урожая дает использование фосфора в ленте вместе с азотом, а еще лучше – и с калием. При локальном внесении основного удобрения дозы можно снижать на 30%.

Внесение фосфора в запас на два–три года является экономичным приемом, но его можно использовать лишь на почвах, где не выражено химическое связывание фосфора. В запас фосфор целесообразно вносить, прежде всего, под многолетние травы, плодовые и ягодные культуры.

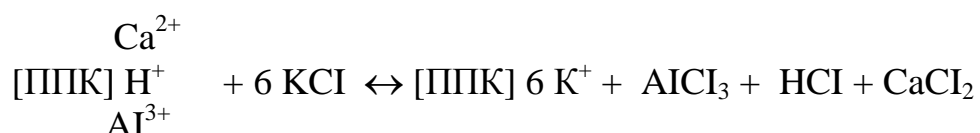
При выборе форм фосфорных удобрений следует учитывать свойства почвы и биологические особенности сельскохозяйственных культур. Легкорастворимые формы фосфорных удобрений имеют преимущество на почвах со слабокислой и нейтральной реакцией среды и низким содержанием подвижного фосфора. На почвах достаточно обеспеченных подвижными фосфатами, а также при выращивании культур, способных усваивать его из труднорастворимых соединений (люпин, горох, горчица и др.) формы

удобрений не имеют большого значения, здесь можно использовать самое дешевое удобрение – фосфоритную муку.

Эффективность фосфорных удобрений и мобилизация запасов почвенных фосфатов возрастают при достаточной обеспеченности растений азотом и другими питательными элементами, в том числе микроэлементами, а также активными формами кремния. В свою очередь, оптимальное содержание в почве фосфора повышает эффективность других видов удобрений.

## **5 ПРИЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Калий калийных удобрений при внесении в почву поглощается почвенным поглощающим комплексом в обмен на другие катионы, оставаясь при этом доступным растениям:



Такой характер взаимодействия калийных удобрений с почвой отражается на реакции почвенного раствора, подкисляя ее.

Подкисление почвы происходит и за счет физиологической кислотности калийных удобрений, причиной которой является избирательное поглощение растениями катионов калия. Физиологическая кислотность калийных удобрений гораздо слабее, чем аммонийных азотных удобрений, и проявляется только при длительном их использовании под калиелюбивые культуры (картофель, корнеплоды, гречиха, овощи).

Калий, так же как аммоний, способен необменно поглощаться глинистыми минералами почвы, особенно при попеременном увлажнении и высушивании суглинистых почв. Этот факт следует рассматривать как снижение доступности его для растений. По данным В.У. Пчелкина (1966 г.) в зависимости от минералогического состава почв и дозы калийных удобрений почвой может фиксироваться от 14 до 82% внесенного с удобрениями калия. Причем, размеры фиксации калия практически не зависят от формы калийного удобрения. Количество фиксированного калия может достигать в почвах легкого гранулометрического состава 200, а в тяжелых – 500 кг/га,

Подкисление почвы ослабляет фиксацию, повышает подвижность калия в почве и доступность его растениям.

Характер взаимодействия калийных удобрений с почвой свидетельствует об очень ограниченной миграции калия по почвенному профилю, за исключением песчаных и супесчаных почв. Слабая миграция калия и высокая опасность его фиксации в пересыхающем слое почвы являются причинами, по которым калийные удобрения являются гораздо более эффективными при внесении до посева в качестве основного, чем в подкормку. Только на легких почвах при орошении целесообразны подкормки калием пропашных культур.

В неблагоприятные годы средние прибавки от калийных удобрений значительно выше, так как пасмурная, прохладная и влажная погода ослабляет усвоение калия из почвенных запасов и делает актуальным внесение удобрений. Особенно много калия потребляют свекла, капуста, гречиха, озимый рапс, меньше – ячмень, овес, пшеница.

Важное условие эффективного применения калийных удобрений – хорошее обеспечение растений азотом и фосфором. Действие калийных удобрений усиливается на известкованных почвах. В этих условиях их дозы следует увеличивать на 15–20 %, особенно при выращивании льна, картофеля, люпина, трав, кукурузы.

В связи с ограниченными ресурсами удобрительных средств на почвах с недостаточным содержанием подвижного калия (менее 120 мг/кг по Кирсанову) наиболее рациональная система применения калийных удобрений должна предусматривать внесение основных доз калия, которые на 120–140% возмещают вынос его урожаями. На почвах с очень высоким его содержанием (более 250 мг/кг по Кирсанову) калийные удобрения можно в течение нескольких лет не применять. В остальных случаях (содержание подвижного калия 120–250 мг/кг) дозы калийных удобрений должны быть такими, чтобы они лишь компенсировали вынос этого элемента урожаями сельскохозяйственных культур.

Для повышения эффективности использования калия растениями и повышения продуктивности севооборотов калийные удобрения следует вносить в первую очередь под калиелюбивые культуры: картофель, сахарную свеклу, кормовые корнеплоды, многолетние травы. Следует учитывать, что в повышении крахмалистости клубней картофеля и кормовой ценности бобовых трав, улучшении качества льноволокна и овощей, а также в увеличении урожая гречихи, чувствительной к хлору, предпочтительнее использовать бесхлорные формы калийных удобрений. Для сахарной свеклы и корнеплодов, не чувствительных к хлору, но хорошо отзывающихся на натрий, лучшей формой является 40%-ная калийная соль.

Калийные удобрения вносят до посева, при посеве и в подкормки. Основное удобрение может быть внесено вразброс, локально, а на суглинистых почвах – и в запас на 2–3 года. По эффективности локальное внесение основной дозы имеет те же преимущества, что и для других минеральных удобрений.

При ежегодном применении калийных удобрений на связных почвах их лучше вносить осенью, особенно под хлорофобные культуры. В этом случае отрицательное действие хлора ограничивается из-за его частичного вымывания из почвы. На легких почвах калийные удобрения следует вносить весной под предпосевную обработку, а часть их можно использовать в подкормку.

Так как поступление в почву калия с органическими удобрениями не может компенсировать общую потребность в нем сельскохозяйственных культур, то применение минеральных калийных удобрений, бесспорно, играет важную роль в получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции. Наиболее эффективны калийные удобрения на

почвах легкого гранулометрического состава (супесчаных и песчаных), а также торфяно-болотных, в которых калий находится в первом минимуме.

## **6 ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ**

Потребность земледелия в микроудобрениях последнее время повышается. Это связано с рядом причин:

- с повышением урожайности сельскохозяйственных культур из почвы больше выносятся макро- и микроэлементов;
- известкование кислых почв снижает подвижность и доступность растениям бора, меди, марганца, цинка;
- при высоких дозах азотных удобрений возрастает потребность растений в молибдене, меди; фосфорных – цинка, меди; калийных – бора;
- высококонцентрированные минеральные удобрения лучше очищены, содержат меньше примесей, в том числе микроэлементов;
- высокоинтенсивные сорта сельскохозяйственных культур имеют повышенную потребность в микроэлементах.

Поэтому оптимизация питания растений, повышение качества продукции и эффективности удобрений во многом зависят от обеспеченности растений не только макро-, но и микроэлементами.

Потребность в микроэлементах особенно возрастает при внесении повышенных доз азота, фосфора и калия, а также при известковании кислых почв, которое улучшает питание растений только молибденом и ухудшает – остальными микроэлементами.

К сожалению, химическая промышленность не удовлетворяет потребность сельского хозяйства в микроудобрениях, поэтому применение их ограничено. Отсюда вытекает необходимость их рационального использования.

Применение микроудобрений является важным звеном высокой культуры земледелия. Поэтому их следует в первую очередь вносить при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям с высоким уровнем планируемых урожаев, а также на почвах с низким содержанием микроэлементов.

Роль микроэлементов в растениях, в целом, можно охарактеризовать их участием в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обмене, в образовании хлорофилла, они входят в состав многих ферментов, витаминов, влияют на проницаемость клеточных мембран и поступление элементов питания в растение, повышают устойчивость растений к болезням, засухе, низким и высоким температурам. Недостаток микроэлементов снижает урожайность сельскохозяйственных культур и ухудшает качество продукции. Средние прибавки урожаев от микроудобрений составляют не менее 10–12%.

Источником микроэлементов являются органические и некоторые минеральные макроудобрения, а также относительно химически чистые соли. По данным литовских исследователей в 1 т навоза крупного рогатого скота содержится (г): марганца – 113, цинка – 38, меди – 8, бора – 4, в 1 т свиного

навоза – 103, 69, 13 и 3, соответственно. Из неорганических макроудобрений с микроэлементами можно назвать аммофос с медью, аммофос с цинком, КАС с медью, борный суперфосфат и др.

Одним из критериев правильного применения микроудобрений является содержание подвижных форм микроэлементов в почве. Для этого необходимо наличие в хозяйствах крупномасштабных картограмм содержания микроэлементов в почвах. Для дерново-подзолистых почв приняты следующие уровни обеспеченности микроэлементами (табл. 7).

Таблица 7 – Группировка дерново-подзолистых почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, мг/кг (по Я.В. Пейве и Г.Я. Ринькису)

Степень обеспеченности	В в водной вытяжке	Мо в оксалатной вытяжке	Сu в вытяжке 1 н. KCl	Mn в вытяжке 0,1 н. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Zn в вытяжке 1 н. KCl
Очень низкая	<0,1	< 0,05	< 0,3	< 1	< 0,2
Низкая	0,1–0,2	0,05–0,15	0,3–1,5	1–10	0,2–1
Средняя	0,3–0,5	0,2–0,25	2–3	20–50	2–3
Высокая	0,6–1,0	0,3–0,5	4–7	60–100	4–5
Очень высокая	> 1,0	> 0,5	> 7	> 100	> 5

Подвижные формы микроэлементов составляют 10–15% от валовых запасов микроэлементов в почве (для бора – 2–4%). Усваивается же растениями менее 1% от запаса подвижных форм.

По данным Агрохимической службы России недостаточным содержанием бора характеризуются 37 % почв, медью – 65 %, молибденом – 86, цинком – 94, марганцем – 53 %. Общая потребность в этих микроудобрениях оценивается почти в 10 тыс. тонн питательных веществ. Наибольший удельный вес принадлежит бору (4800 тыс. т) и меди (3063 тыс. т). Во внесении микроудобрений нуждаются более 50 % почв Нечерноземной зоны.

Для почв Смоленской области наиболее важными микроэлементами являются бор, молибден, медь и цинк.

Высокая отзывчивость на внесение **борных** удобрений характерна для сахарной свеклы, льна, клевера, подсолнечника, гречихи, зернобобовых, овощных, плодово-ягодных культур. Слабо отзываются зерновые. При недостатке бора лен болеет бактериозом, свекла – гнилью сердечка, картофель – паршой, цветная капуста – коричневой гнилью соцветия, зерновые – головней и ржавчиной. В качестве борных удобрений используют борную кислоту (17 % бора), бормагниевое удобрение (2,2% бора), борный суперфосфат.

Наиболее отзывчивыми на **медные** удобрения культурами являются злаковые – ячмень, пшеница, овес, злаковые травы. При недостатке меди у злаковых развивается «болезнь обработки» или «белая чума», при которой наблюдается побеление и подсыхание верхних листьев, не развивается колос. Сено получается низкого качества, и при получении бедного медью корма

животные сильно худеют, шерсть у них, как при сухотке, становится всклокоченной, рост молодняка замедляется. Животные теряют аппетит и усиленно лижут всевозможные предметы, в связи с чем, болезнь, вызванная дефицитом меди, называется лизухой. В качестве медных удобрений чаще всего используют сульфат меди. Перспективной формой является аммофос с медью.

Потребность в **молибдене** проявляется, главным образом, при выращивании бобовых, зернобобовых, корнеплодов, рапса, капусты, салата. Наиболее распространенным молибденовым удобрением является молибдат аммония, содержащий 50–52 % молибдена.

Наиболее требовательными культурами к наличию в почве **цинка** являются кукуруза, плодовые культуры, виноградная лоза, сахарная свекла, некоторые овощные культуры. При недостатке цинка появляется розеточность плодовых, побеление верхних листьев у кукурузы.

В качестве цинкового удобрения используют сульфат цинка, аммофос с цинком, полимикроудобрение (ПМУ-7). Цинковые удобрения, прежде всего, применяют на нейтральных, богатых гумусом почвах.

Особенностью ассортимента микроудобрений является большой удельный вес химически относительно чистых солей, которые являются достаточно концентрированными и дорогими продуктами. Эти соли следует использовать для предпосевной обработки семян сухим или мокрым методом, некорневой подкормки растений растворами этих солей или введением их в состав торфо-перегнойных горшочков при рассадном способе выращивания овощей. Остальные удобрения с микроэлементами могут быть использованы для внесения в почву.

Недостатком микроудобрений, содержащих один элемент питания (микроэлемент), является трудность их применения в малых дозах, особенно при внесении в почву. Макроудобрения, содержащие микроэлементы, сокращают затраты на внесение, имеют меньшую опасность локальной передозировки.

При использовании в качестве микроудобрений отходов промышленности (шлаков, пиритных огарков, осадков сточных вод и др.) необходим особенно тщательный агрохимический и санитарный контроль, так как они часто содержат не только биогенные, но и токсические элементы и соединения.

Внесение микроудобрений в почву предусматривается только на почвах с низкой обеспеченностью этими элементами питания (I и II группа). На почвах со средним их содержанием (III группа) применять микроудобрения рекомендуется путем обработки семян и некорневых подкормок, на высокообеспеченных (IV и V группы) внесение микроудобрений должно быть исключено. Следует помнить, что избыточное содержание микроэлементов в почве оказывает отрицательное влияние на урожай и качество сельскохозяйственных культур.

Исследования, проведенные в ВИУА, НИУИФ, показали, что по эффективности способы внесения микроэлементов располагаются в следующей последовательности: совместное внесение с макроудобрениями > предпосевная

обработка семян > некорневая подкормка. Однако в связи с дефицитом микроудобрений, дороговизной, опасностью передозировок и загрязнением окружающей среды, основными способами применения микроудобрений должны стать предпосевная обработка семян или некорневые подкормки.

Обработка семян микроэлементами является звеном комплексной предпосевной обработки семенного материала. Для этих целей используют борную кислоту, сульфат цинка, сульфат меди, молибдат аммония. Дозы микроудобрений приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Расход микроудобрений для обработки семян, г/ц семян

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

\*- обрабатывается без NaКМЦ, расход воды увеличивается в 2 раза;

\*\* - обрабатывается сухим способом

Это мероприятие проводят одновременно с протравливанием. Для сухой предпосевной обработки семян лучше использовать смесь соответствующей соли с тальком для лучшего прилипания ее к семенам.

Для обеспечения санитарных условий при проведении этих работ и для повышения эффективности используемых средств семена обрабатывают с использованием пленкообразователей, например, 2%-ный раствор натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (полимер NaКМЦ) с расходом его 10–15 л/т семян для крупносемянных культур и 2 л – для мелкосемянных культур. Борную кислоту и сульфат цинка растворяют в воде при температуре 50–60 °С. Затем после охлаждения раствора до 20–25 °С в раствор микроэлемента вливают раствор полимера при постоянном помешивании. Семенной материал обрабатывают на машинах ПС-10, ПСШ-5, «Мобитокс» с приставкой.

Прилипатель NaКМЦ в последние годы рекомендуют заменять на МиБАС – водный концентрат микроэлементсодержащих производных природного полимера – лигнина. Он наносится на поверхность семян растений в виде тонкой и эластичной полимерной пленки, содержащей микроэлемент, с регулируемой скоростью растворения в воде.



БиМАС выпускается с содержанием меди, цинка, молибдена и других микроэлементов и хорошо совмещается с различными средствами защиты растений, которые встраиваются в структуру полимерной пленки после ее нанесения на семена и практически не осыпаются. Использование БиМАС при инкрустации семян по сравнению с NaКМЦ существенно повышает эффективность применения микроэлементов и пестицидов под сельскохозяйственные культуры.

Для некорневых подкормок растений используют сульфат меди, сульфат цинка, борную кислоту, молибдат аммония (табл. 9)

Таблица 9 – Схема применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры

Культуры	Микро-элемент	Основное внесение, кг/га д.в.	Некорневая подкормка	
			г/га д.в.	время применения
Озимые и яровые зерновые	Медь	0,5–1,0	20–30	Кущение, выход в трубку
Зернобобовые	Бор Молибден	0,5	20–25 30	Бутонизация Бутонизация
Сахарная свекла, кормовые корнеплоды	Бор	0,5–0,8	25–35	3–4 настоящих листа
Лен	Бор Цинк	0,5–1,0 1,5	50–90 110–180	Фаза «елочки»
Картофель	Бор Медь	0,4–0,8 2,0	35–40 20–25	Высота куста 25 см
Крестоцветные (рапс и др.)	Бор	0,5	40–50	Бутонизация
Кукуруза	Цинк	1,0–2,0	15–20	3–4 листа
Многолетние злаковые травы	Медь Цинк	0,8–1,5 0,7–1,2	25–35 55–65	Начало вегетации или после 1-го укоса
Многолетние бобовые травы	Медь Цинк	3,0 1,0–3,0	25–35 55–65	Начало вегетации или после 1-го укоса
Семенники многолетних бобовых трав	Молибден Бор	–	80–90 45–50	Бутонизация

Указанные в таблице 9 дозы микроудобрений для некорневой подкормки растворяют в небольшом количестве теплой воды (20–25 °С) и смешивают с гектарной нормой воды при использовании только микроудобрений, с раствором азотных удобрений или пестицидов – при совмещении операций.

Обработку растений проводят в безветренную сухую погоду утром или вечером. Дожди смывают раствор микроэлементов с поверхности листьев.

Микроэлементы повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям погоды, болезням и вредителям. В первую очередь их используют при выращивании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям.

При правильном использовании микроудобрений медь повышает урожайность зерновых культур на 3–5 ц/га, бор обеспечивает дополнительно 2 ц зерна зернобобовых культур, 30–40 ц/га сахарной и кормовой свеклы, 25–30 – картофеля, на 0,5 ц повышает урожайность семян бобовых культур. Прибавка урожая зерновых культур от использования цинковых удобрений составляет 1–2 ц/га, сахарной и кормовой свеклы – 25–30, картофеля – 15–20, льноволокна и семян – по 0,3 ц/га. Применение молибденовых удобрений повышает урожайность зернобобовых культур на 2,5–3,5 ц/га, семян бобовых трав – на 0,3, сена многолетних бобовых трав – на 4 – 5 ц/га.

Существенное значение микроэлементы имеют в защищенном грунте, особенно бор, молибден, медь, марганец, цинк, кобальт. Способы применения: внесение до посева (посадки) в грунт, предпосевная обработка семян, полив рассады и некорневые подкормки (табл. 10).

Таблица 10 – Дозы микроудобрений под овощные культуры в защищенном грунте

Удобрения	Внесение в грунт, кг/га		Намачивание семян	Некорневая подкормка	Полив рассады
	удобрения	микроэлемента	концентрация раствора, %		
Бормаг- ниевые	43	1	-	-	-
Борная кислота	6	1 (1 раз в 3–5 лет)	0,02–0,04	0,02–0,05	0,005– 0,03
Сульфат меди	12	3	0,005–0,03	0,01–0,05	0,005– 0,03
Сульфат марганца	10–12	3	0,02–0,2	0,05–0,2	0,01
Молибдат аммония	0,4–0,6	0,2–0,3	0,01–0,08	0,03–0,05	0,02
Сульфат цинка	6–8	2	0,02–0,05	0,02	0,005
Сульфат кобальта	0,9–1,4	0,3–0,5	-	0,02	-

Для обработки 1 ц семян расходуется 2–3 л соответствующего раствора. Замачивание семян проводят в течение около 24 часов при отношении массы семян к раствору 1:2. Некорневые подкормки проводят из расчета 300 л раствора на 1 га, полив рассады – из расчета 10 л на раму.

## 7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Получая высокие урожаи, надо постоянно поддерживать баланс питательных элементов в почве, возвращая ей те питательные вещества, которые были вынесены вместе с урожаем. Для расширенного воспроизводства плодородия необходимо, чтобы поступление их в почву превышало вынос.

Применение органических удобрений в земледелии является примером возврата питательных веществ, которые когда-то были использованы из почвы и вошли в их состав. Из одной тонны органических удобрений на суглинистых почвах образуется 50 кг/га гумуса, на супесчаных – 40, песчаных – 35 т/га.

В настоящее время в мире на 1 га пашни вносят около 15 т органических удобрений: в США – около 14 т, Великобритании – 25, Нидерландах – 70, в соседней Беларуси – около 8 т.

В Смоленской области насыщенность пашни органическими удобрениями снизилась с 6 т/га в 80-х годах XX века до 0,5 т/га в настоящее время.

Резкое уменьшение объемов используемых органических удобрений, вызванное сокращением поголовья скота, стало ощущаться в падении плодородия почв: снижении содержания гумуса, подвижных форм калия, биологической активности.

Одним из путей решения этой проблемы может быть расширение использования соломы в качестве органического удобрения, вермикомпостов, сапропелей, расширение посевов сидеральных культур. Кроме того, компенсировать недостаток органических удобрений можно за счет обоснованного расширения посевов многолетних трав в севооборотах и повышения их урожайности.

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в дерново-подзолистых почвах в полевых севооборотах с зерновыми культурами и многолетними травами обеспеченность органическими удобрениями должна составлять 8–10 т/га, в полевых севооборотах с большой насыщенностью пропашными культурами – 10–15. На почвах тяжелого гранулометрического состава обеспеченность может быть ниже, чем на легких.

**Навоз.** Это главное органическое удобрение. Его хранение сопровождается потерями органических веществ и питательных элементов. Снизить их можно путем:

- использования повышенных норм подстилки (хорош в этом отношении торф, особенно верховой);
- плотного способа хранения навоза;
- добавления к навозу фосфоритной муки (1–4 % от массы навоза). Этот прием по данным ВИУА в 3,6 раза снижает потери азота за 4 мес. хранения;
- устройства у скотных дворов и навозохранилищ жижесборников (количество образующейся навозной жижи составляет 10–15 % от массы свежего навоза, но меняется в зависимости от способа его хранения).

Подстилочный навоз вносят под вспашку, прежде всего под пропашные культуры (40–60 т/га), зерновые с подсевом многолетних трав и при планировании высоких урожаев (20–30 т/га).

Большой эффект дают органические удобрения под культуры, чувствительные к высокой концентрации солей в почвенном растворе и отзывчивые на углекислоту. Такой культурой является огурец, под который можно вносить до 80 т свежего навоза. Кроме огурца на навоз по сравнению с минеральными удобрениями (в эквивалентных дозах по элементам питания) лучше отзываются кабачок, тыква, дыня, чеснок, лук, капуста белокочанная (средняя и поздняя), капуста цветная.

Из кормовых культур на органические удобрения, по сравнению с минеральными, отзывчивость выше у кукурузы, однолетних и многолетних трав, кормовых корнеплодов (свеклы, турнепса, брюквы, моркови).

В полевых севооборотах навоз вносят также под картофель и озимые зерновые.

**Бесподстилочный навоз** вносят в качестве основного удобрения и подкормок. При использовании жидкого навоза необходимо соблюдать следующее:

- регулярно освобождать навозохранилища, чтобы не происходило их переполнения, загрязнения окружающей среды, распространения гельминтов и инфекций;

- сразу после внесения необходима заделка навоза в почву;

- на песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почвах целесообразно его вносить с соломой или торфом;

- использовать жидкий навоз для приготовления компостов;

- избегать внесения навоза осенью на затопляемых весной полях и на склонах;

- на лугопастбищных угодьях нельзя вносить жидкий навоз из цистерн. Летом его вносят из дождевальных установок сразу после стравливания или скашивания, минимум за три недели до очередного использования. После внесения отаву рекомендуют полить водой, что значительно улучшает качество корма и его поедаемость животными.

Дозы жидкого навоза определяют по требуемой дозе азота (табл. 11).

Для дерново-подзолистых суглинистых почв предельная доза органического азота – 250 кг/га, супесчаных на морене – 230, супесчаных на песках – 200, торфяно-болотных – 150 кг/га.

При использовании бесподстилочного навоза, особенно при нарушении технологий внесения, существует опасность загрязнения поверхностных и грунтовых вод, почвы и воздуха. При внесении его в высоких дозах на одних и тех же участках может ухудшиться санитарное состояние почвы, существует опасность ее засоления.

Применение высоких доз бесподстилочного навоза чревато загрязнением продукции нитратами.

**Птичий помет.** Его используют в качестве непосредственного органического удобрения и для приготовления компостов.

Вносят сухой помет до посева под пропашные и овощные культуры в дозах 4–5 т/га, под озимые зерновые – 2,5 т/га. Это хорошее удобрение для тепличного овощеводства. Его используют и для подкормок, в том числе

некорневых. Дозы сырого помета для подкормок различных культур – 0,8–1,0 т/га, для некорневой подкормки 1 часть сухого помета разбавляют 6–7 частями воды. Дозы сырого помета – в два раза выше.

Таблица 11 – Дозы внесения жидкого навоза

Культура	Доза азота, кг/га	Жидкий навоз, т/га	
		крупного рогатого скота	свиней
Озимые	100	40	25
Корнеплоды	300	120	75
Кукуруза	250	100	65
Картофель	200	80	50
Многолетние злаковые травы на сено (перезалужение)	200	80	50
Однолетние травы	120	45	30
Улучшенные сенокосы и пастбища	200	80	50

**Торф.** Торф представляет собой полуразложившиеся в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха остатки болотной растительности. Запасы его в Смоленской области составляют 250 млн. т. Различают верховой, переходный и низинный торф. Наиболее ценным с точки зрения питания растений является низинный торф, его можно использовать непосредственно в качестве удобрения. Проветренный низинный торф хорошо использовать для мульчирования почвы и приготовления торфоперегнойных горшочков. Верховой торф имеет высокую кислотность, низкую зольность, степень разложения и гораздо более низкое содержание питательных элементов, чем низинный торф. Поэтому его используют преимущественно в качестве подстилки для скота и приготовления компостов.

Торф содержит много азота, но из-за низкой биологической активности этот азот инертен по отношению к питанию растений. Наиболее эффективным способом использования торфа, позволяющим повысить доступность его азота растениям, является компостирование его с биологически активными компонентами – навозом, навозной жижей, птичьим пометом и другими материалами с получением соответствующих компостов (рис. 14).

**Вермикомпост** (коммерческое название – биогумус) – продукт переработки навоза, соломы, растительных остатков и других органических отходов дождевыми червями, среди которых наибольшую популярность получил красный калифорнийский гибрид *Eusemia Foetieda anarei*, выведенный в штате Калифорния (США) в 50-е годы прошлого столетия на основе

высокопродуктивной линии навозного червя. Длина взрослой особи до 6–8 см, масса – около 1 г.

С начала 80-х годов его стали использовать в России. В отличие от обычных червей культивируемые черви быстрее размножаются и живут дольше (до 16 лет). Один взрослый червь может давать до 1500 особей в год. Взрослый червь за сутки потребляет количество пищи, равное массе его тела, и 60% ее выделяет в виде экскрементов. Оптимальные условия для его размножения: температура около 15–20 °С, pH 7–8, достаточная аэрация, влажность субстрата – около 80–90 %. Численность популяции за год увеличивается в 4–10 раз.



**Рисунок 14. Основные виды компостов**

Вермикомпосты готовят в кучах или емкостях. Плотность заселения – 30–100 тыс. червей на одно ложе (размеры ложе – 1 × 2 м), количество сырья – 1–1,2 т в год. Кормом могут быть ферментированные органические вещества: навоз, солома, трава, опавшая листва, ветви деревьев, отбросы, картон, бумага и др. Птичий помет в чистом виде использовать нельзя, необходимо предварительное компостирование его с торфом или другими органическими отходами. Ферментацию проводят путем выдерживания (компостирования) в течение 1–1,5 мес. уложенного слоями и увлажненного сырья. Перегнившие полностью органические отходы не пригодны в качестве корма. Если реакция сырья кислая, перед началом ферментации в него добавляют известь или мел. В корм желательно добавить до 10 % минеральных субстратов в виде цеолитов, почвы гумусового горизонта.

Прохождение температурной стадии в процессе компостирования снижает количество жизнеспособных семян сорняков, вредителей и возбудителей болезней. По истечении указанного срока, когда температура в уложенной массе снизится до 20 °С, делают отверстия и запускают туда червей (по 100 особей на отверстие). Через 3–4 мес. отходы превращаются в компост. Для

отделения червей предлагаются разные способы, среди которых – расположение новой кучи рядом со старой, куда черви сами переползают в поисках пищи.

Вермикомпосты, как правило, представляют собой сбалансированное гранулированное органическое удобрение, содержащее 30 % (на сухое вещество) гумуса, 0,8–3,0 – азота, 0,8–5 – фосфора, 1,2 – калия, 2–5 % кальция. Они являются более качественными и более эффективными, чем обычные компосты, так как в большей степени обеззаражены, содержат значительно больше полезных штаммов микрофлоры, биостимуляторов, ускоряющих рост, развитие и созревание растений.

Дозы внесения вермикомпоста колеблются от 0,3 до 5 т/га. Каждая его тонна повышает урожайность зерновых в первый год на 6 ц/га и еще на столько же – за ротацию севооборота. Урожайность картофеля повышается на 40–50 ц/га и более.

Вермикомпост можно использовать как компонент тепличных грунтов – до 20–25 % объема. Есть опыт использования его в качестве подкормок (100–200 г под каждое растение в прикорневую зону) и для некорневого опрыскивания с целью профилактики болезней и заражения некоторыми вредителями.

В настоящее время имеется ряд крупных фирм по разведению калифорнийских червей и производству вермикомпостов в Санкт-Петербурге, Твери, Москве, Владимире, Новосибирске, Самаре и др. городах. Производится вермикомпост и в Смоленске.

**Зеленое удобрение.** Эффективность зеленых удобрений зависит от вида, продуктивности и способа использования сидерата. Темпы разложения зеленых удобрений зависят от гранулометрического состава, влажности почвы, возраста сидерата в момент заделки и глубины заделки их в почву. Чем в более позднюю фазу развития сидеральной культуры произведена заделка, чем тяжелее почва, выше ее влажность и глубже заделка, тем медленнее происходит минерализация органической массы.

Одним из недостатков сидерации является иссушение почвы во время вегетации растений. В засушливый период заделка сидератов может быть неэффективной, а иногда и дать отрицательный результат. Это наблюдается в сидеральных парах, когда сидераты запахивают с опозданием (незадолго до посева озимых). В зависимости от агрометеорологических условий сидераты следует запахивать не позднее, чем за 25–30 дней до посева следующей культуры. Под яровые культуры это лучше делать поздно осенью или весной.

Разложение зеленого удобрения в почве протекает быстрее, чем других органических удобрений, богатых клетчаткой. Добавление к нему при заделке богатых микрофлорой органических удобрений (навоза, птичьего помета, навозной жижи, фекальных масс и др.) ускоряет темпы минерализации сидерата. Коэффициент использования азота из зеленого удобрения в 1-й год действия в два раза выше, чем из подстилочного навоза, и действие его продолжается несколько лет.

По данным ВИУА, прибавка урожая зерна ржи от удобрения зеленой массой люпина составляет на песчаных почвах 0,42 т/га, на супесчаных – 0,47

т/га, на суглинистых – 0,77 т/га (среднее из 36 опытов). Действие продолжается и на других культурах, даже на легких почвах.

Зеленое удобрение можно с успехом применять на всех почвах в зонах достаточного увлажнения и орошаемого земледелия. Возможности использования его в Нечерноземной зоне практически не ограничены. Например, после уборки озимых и ранних яровых культур достаточно времени, тепловых и водных ресурсов для успешного выращивания подсеваемых и пожнивных культур. С одной стороны это интенсифицирует севооборот, а с другой вводит в круговорот азот воздуха, что дает возможность снизить расход технического азота.

Для повышения содержания органического вещества в почве, улучшения ее фитосанитарного состояния следует выращивать рапс. Имея глубоко проникающую корневую систему, рапс разрыхляет почву и активизирует микробиологические процессы разложения органического вещества.

**Сапропели** (от греч. *Saprós* – гнилой и *pélós* – грязь, ил). Это донные отложения пресных водоемов различной окраски – от розовой до темно-коричневой. Россия располагает крупнейшими в мире запасами сапропелевых месторождений, составляющими по предварительной оценке более 250 млрд. тонн в расчете на стандартную влажность. В Нечерноземной зоне запасы сапропеля составляют около 40 млрд. м<sup>3</sup>. Его много в Ленинградской, Архангельской, Псковской, Ярославской области, Карелии. В Смоленской области по прогнозным оценкам насчитывается 100 месторождений с запасом 200 млн. м<sup>3</sup> сапропелей, в том числе, разведанные запасы 15 месторождений составляют 10 млн. м<sup>3</sup>. В настоящее время масштабы добычи и использования сапропеля значительно меньше, чем ежегодное накопление в естественных и искусственных водоемах.

Сапропели содержат не менее 15 % органического вещества, а также неорганические компоненты биогенного и привносного характера. В их состав входят гуминовые кислоты, фульвокислоты, гемицеллюлоза, целлюлоза, битумы, зола, а также биохимически активные вещества – аминокислоты, витамины и др.

Несмотря на огромные запасы, доля сапропеля в общем балансе применяемых в Нечерноземье органических удобрений составляет менее 1%.

Сапропель добывают земснарядами с намывом пульпы в отстойники, где в первый год он обезвоживается, а на второй после промораживания (в результате чего он становится рыхлым) его сушат до сыпучего состояния с влажностью около 50 %. При этом закисные соединения окисляются. Подсушенный сапропель равномерно распределяют по полю и спустя неделю производят его заделку в почву.

Сапропели – малотранспортабельный материал. Экономически оправдана перевозка его на расстояние до 20 км.

Для достижения одинакового эффекта доза сапропеля должна быть в два–три раза выше, чем навоза. По удобрительной ценности 1 т сапропелей равноценна 0,6–0,7 т торфонавозных компостов. Его целесообразно применять



в качестве удобрения при недостатке навоза и, прежде всего, на полях, расположенных вблизи мест добычи.

**Солома.** Одним из резервов повышения запасов органического вещества в почве является использование соломы, которую можно направлять на получение подстилочного навоза, производства компостов и непосредственно на удобрение. Она является источником питательных элементов, углерода (для образования гумуса), повышает микробиологическую активность почвы, фиксацию азота из атмосферы, улучшает физико-химические свойства почвы.

Солому в севообороте можно вносить под любые культуры. Чем больше в соломе азота, тем быстрее она разлагается. По этой причине медленнее всего разлагается ржаная и пшеничная солома, быстрее всего – гречишная и гороховая.

Лучшим сроком внесения соломы является осеннее, которое позволяет снизить действие образующихся токсикантов (фенольных соединений) за счет вымывания их из корнеобитаемого слоя осенне-весенними осадками. Кроме того, максимальная численность микроорганизмов в осенний период приходится на сентябрь–октябрь, а в весенне-летний период – на май–июнь. Это значит, что при осеннем внесении первичные процессы разложения происходят до посева яровых культур и отрицательное действие широкого отношения углерода к азоту на них не проявляется. Поэтому чаще всего измельченную и разбросанную по полю солому запахивают осенью при подъеме зяби.

Во время уборки зерновой культуры солома, предназначенная на удобрение, измельчается и равномерно разбрасывается по полю. Затем вносят компенсирующее азотное удобрение 8–10 кг азота на 1 т соломы (аммонийные удобрения или мочевины), которое предназначено для ускорения процесса разложения соломы и компенсации потерь азота, используемых из соломы целлюлозоразлагающими микроорганизмами. Доза азота может изменяться в зависимости от плодородия почвы, климата, вида соломы, зеленого удобрения, вида высеваемой на этих площадях культуры. На почвах, недостаточно окультуренных, при удобрении соломой и посеве промежуточной пожнивной небобовой культуры доза азота может быть повышена до 15–20 кг на 1 т соломы. На окультуренных почвах, при систематическом внесении высоких доз азотных удобрений внесение дополнительного азота при удобрении соломой может не дать положительного эффекта.

Аммонийные азотные удобрения и мочевина имеют преимущество перед нитратными из-за лучшего их использования микроорганизмами и меньшей опасностью вымывания из почвы при осеннем внесении. Компенсирующую дозу азота не принимают во внимание при расчете доз азота на запланированный урожай. На почвах, бедных фосфором, желательно добавить и фосфорные удобрения.

После этого солома заделывается в почву при зяблевой обработке, складывающейся из лущения стерни и зяблевой вспашки. В этом случае солома будет разлагаться более интенсивно. Этот прием особенно целесообразен на почвах тяжелого гранулометрического состава.

Солому, как и другие органические удобрения, следует заделывать плугом без предплужников.

При запаздывании с уборкой хлебов, при значительном увлажнении почвы осеннюю вспашку можно проводить без предварительного лущения стерни, а в весенний предпосевной период желательна обработка почвы дисковыми орудиями, что способствует более быстрому разложению соломы и создает лучший водно-воздушный режим.

Если возможно, желательно посеять промежуточную пожнивную бобовую культуру, что позволяет сэкономить минеральные азотные удобрения и способствует накоплению гумуса в почве после ее запахивания.

Доступной энергосберегающей технологией использования соломы является сочетание ее с жидким и полужидким навозом. По разбросанной измельченной соломе вносится жидкий навоз из расчета 6–8 т на 1 т соломы и заделывается на глубину 8–10 см.

Исследования белорусских ученых показали, что на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах внесение в почву 3 т/га соломы и 27 т/га жидкого навоза по эффективности равноценно было внесению 30 т/га подстилочного навоза (Рекомендации..., 2000 г.). Хорошие результаты дает внесение по разбросанной соломе птичьего помета. Внесение соломы на удобрение обходится в 4 раза дешевле эквивалентного количества навоза. Одна тонна внесенного навоза способна обеспечить прибавку урожая зерновых от 30 до 40 кг, а одна тонна правильно использованной соломы – от 100 до 150 кг. Запахивая 3–4 тонны соломы на 1 га посевов, хозяйства получают дополнительно 5–6 центнеров зерна. Доза внесения соломы озимых – 3–5 т/га, яровых – 2–3 т/га.

При регулярном применении соломы на удобрение отпадает необходимость в дополнительном внесении азота для ускорения ее разложения, так как интенсивность процессов закрепления азота в телах микроорганизмов и его высвобождения уравнивается.

На площадях, удобренных соломой, желательно в первую очередь размещать бобовые или пропашные культуры.

При использовании соломы в качестве удобрения отмечается особая роль севооборота, как ограничивающего фактора для развития болезней и вредителей. Поэтому свежую солому озимых зерновых не следует использовать для других озимых зерновых, так как она служит источником болезней, в первую очередь – корневых гнилей. Лучше ее вносить под пропашные или бобовые культуры, а солому бобовых – использовать под зерновые культуры. Хороший результат дает внесение под яровую пшеницу соломы гречихи.

Основной причиной не столь широкого применения данного агротехнического приема является ухудшение азотного питания растений в первый год, из-за бурного развития микробиологических сообществ необходимых для разложения соломы. Во избежание этого полезно ускорить процесс разложения соломы. Для этой цели предлагается использование обработки соломы до заделки в почву препаратом «МиГиМ», который содержит большое количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов и

обеспечивает полное ее разложение, возврат поглощенного азота до начала весеннего сева. Ускорить процесс разложения соломы можно с помощью эффективных микроорганизмов, входящих в состав препарата "Байкал ЭМ1".

Эффективным приемом использования соломы на удобрение является выращивание пожнивного сидерата (люпина) после заделки измельченной соломы зерновых с запахиванием его поздно осенью (масса соломы – 4,5–5,5 т/га, люпина – 7,9–8,6 т/га). Это позволяет увеличить урожайность последующих сельскохозяйственных культур за счет повышения плодородия почвы и получить экологически безопасную продукцию при одновременном снижении затрат (Глазова, 2003).

По необработанному полю по стерне и равномерно разбросанной измельченной соломе можно проводить прямой посев или мульчированный посев, т.е. посев по мелко обработанной почве с созданием мульчирующего слоя из стерни. Эти приемы также позволяют экономить материальные и энергетические ресурсы, связанные с возделыванием сельскохозяйственных культур.

## 8. БАКТЕРИАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Бактериальные удобрения – это препараты высокоактивных микроорганизмов, улучшающих условия питания сельскохозяйственных культур. Широкое распространение получили препараты, содержащие азотфиксирующие микроорганизмы.

Наиболее эффективным бактериальным удобрением является *ризоторфин*. Он используется для повышения способности бобовых культур к азотфиксации. Это культура клубеньковых бактерий, размноженных в стерильном торфе с частицами 0,25 мм (мелкие частицы способствуют лучшей прилипаемости к семенам бобовых культур). В одном грамме ризоторфина должно содержаться не менее 2,5 млрд. клубеньковых бактерий, в противном случае он не пригоден для применения. Ризоторфин используют в дозе 200 г на гектарную норму семян. Он выпускается отдельно для люпина, гороха, вики, кормовых бобов, фасоли, сераделлы, клевера, люцерны и применяется только под те культуры, для которых приготовлен. Хранят бактериальные препараты при положительной температуре в сухом помещении отдельно от пестицидов. Ризоторфин выпускается в полиэтиленовых пакетах, которые не рекомендуется открывать до применения.

При обработке семян ризоторфином следует применять растворы-прилипатели: латекс (42%-ный раствор синтетического каучука), гуммиарабик (40 %-ный водный раствор), NaКМЦ (1 %-ный водный раствор натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы), ПВС (22,2 %-ный раствор поливинилового спирта), обрат, который получают в результате сепарации цельного молока. Обработку семян ризоторфином можно совмещать с обработкой микроудобрениями и фунгицидами.

Прибавка урожая зерна бобовых культур (люпин, горох, кормовые бобы) от обработки семян ризоторфином составляет 1,5–3,0 ц/га, сена клевера – 2,0–

5,0, люцерны – 5,0–12,0 ц/га. Чем ниже активность природной популяции почвенных азотфиксаторов, тем выше его эффективность. Наибольший эффект отмечен на почвах легкого гранулометрического состава.

Разработана промышленная технология получения гранулированного ризоторфина, эффективность которого на крупносемянных бобовых культурах на 10–12% выше, чем порошковидного. Проходит испытание сапропелевая форма препарата (*сапропелевый нитрагин – сапронит*). Нередко его эффективность превосходит ризоторфин.

На основе азотобактера методами генной инженерии в Белоруссии разработан бактериальный препарат *ризофил*, который может использоваться на культуре томата и огурца, обеспечивая рост урожайности на 25% и заменяя 20% азота минеральных удобрений биологически фиксированным азотом.

Интересным направлением использования азотфиксирующих бактерий является применение их на небобовых культурах. Это так называемые ассоциативные азотфиксаторы. По обобщенным данным в зависимости от почвенно-климатических условий и вида растений размеры ассоциативной азотфиксации составляют 3–50 кг/га азота в год в странах с умеренным климатом и до 200–600 кг/га – с тропическим. Среди ассоциативных азотфиксаторов наиболее интересна *азоспирилла*, позволяющая в благоприятных условиях обеспечить до 40–50% потребности растений в азоте. Так, обработка семян ячменя азоспириллой по эффективности равноценна 30–40 кг/га минерального азота.

На основе азоспириллы и торфа разработан азотобактерин, который в 1 г препарата содержит  $1 \times (10^9 - 10^{11})$  бактерий. Его эффективность на небобовых культурах можно продемонстрировать на следующем примере: на дерново-подзолистых почвах прибавка урожая зерна ячменя от его применения колебалась от 6 до 9 ц/га, сена многолетних злаковых трав – от 9 до 12 ц/га.

Таким образом, использование бактериальных удобрений позволяет повысить азотфиксирующую способность бобовых культур и существенно сократить расход минерального азота под небобовые и бобовые культуры.

## 9 УДОБРЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

### 9.1 ОЗИМЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Озимыми культурами, выращиваемыми в Нечерноземной зоне, являются озимая пшеница и озимая рожь. Озимая пшеница, как правило, возделывается на более плодородных и окультуренных почвах, чем озимая рожь, т.к. она имеет менее развитую корневую систему, более слабую усваивающую способность корней и высокую чувствительность к кислотности почв.

При возделывании пшеницы на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны в ее зерне содержится на 3% больше белка, чем у тех же сортов, выращенных на плохо окультуренных почвах в аналогичных погодных условиях (Н.С. Авдонин, 1972). Содержание белка в зерне пшеницы зависит, главным образом, от климатических условий ее выращивания и увеличивается с севера на юг и с запада на восток европейской части страны, но может изменяться под действием удобрений.

Озимая пшеница сильнее кустится весной, а рожь – осенью. Пшеница менее способна усваивать питательные вещества из труднорастворимых соединений, хуже переносит низкие температуры и засуху, чем рожь.

В расчете на 1 т урожая зерна с соответствующим количеством соломы озимая пшеница выносит 32–37 кг азота, 10–12 – фосфора и 22–26 кг калия, у озимой ржи вынос азота заметно ниже, а калия – выше (22–26 кг азота, 10–12 – фосфора и 28–30 кг калия).

При выращивании озимых зерновых, особенно озимой пшеницы, необходимым является известкование кислых почв. Оптимальная реакция среды для озимой пшеницы рН 6–7,5, для озимой ржи – 5,0–6,0. На фоне полного минерального удобрения внесение извести на дерново-подзолистых суглинистых почвах повышает урожайность зерна пшеницы не менее чем на 0,4 т/га, озимой ржи – в среднем на 0,3 т/га. При известковании кислых почв улучшается питание растений почвенными фосфатами, в связи с чем прибавка урожая от внесения фосфорных удобрений снижается.

Поглощение питательных элементов озимыми зерновыми происходит неравномерно. К концу фазы кущения, когда сформировано всего 10% биомассы в растения поступает не менее 25–30% азота и фосфора и в среднем четверть калия от их выноса за весь вегетационный период. Азот и калий рожь усваивает до цветения, фосфор – до восковой спелости зерна. Озимая пшеница основное количество азота и фосфора потребляет до колошения, калия – до фазы выхода в трубку. К моменту цветения 90–95% азота, фосфора и калия от максимального содержания в урожае уже находится в растениях (табл. 12). С этой фазы нарастают темпы реутилизации питательных элементов, и затухает корневое питание.

Самые ответственные периоды в питании озимых зерновых культур – *от всходов до ухода в зиму и начало вегетации весной*. Для обеспечения успешной перезимовки необходимо усиленное фосфорно-калийное питание. Весной растения выходят из-под снега ослабленными, в почве содержится мало

легкодоступных форм азота, от которого в это время зависит величина будущего урожая.

Таблица 12 – Динамика накопления питательных элементов в растениях зерновых культур (% от максимума)

Срок и фаза развития	Озимая пшеница			Ячмень			Овес		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Осенний и ранне-весенний период	47	30	43	-	-	-	-	-	-
Начало колошения	69	65	68	71	56	73	51	36	54
Цветение	90	93	95	96	74	100	82	71	100
Полная спелость	100	100	82	100	100	64	100	100	83

**Система удобрения озимых зерновых** складывается из допосевного (основного), рядкового внесения удобрений и подкормок (рис. 15).

Под озимые широко используют *органические удобрения*. Затраты на их внесение хорошо окупаются урожаем: в 145 опытах Географической сети ВИУА прибавка урожая от навоза на дерново-подзолистых почвах составила в среднем 0,7 т/га. Одна тонна навоза окупается в среднем 20–26 кг зерна. Оптимальные дозы органических удобрений под озимые в Нечерноземной зоне составляют 25–30 т/га. Органические удобрения можно вносить непосредственно под озимые, идущие по чистым парам, после рано убираемых предшественников или под парозанимающие культуры.

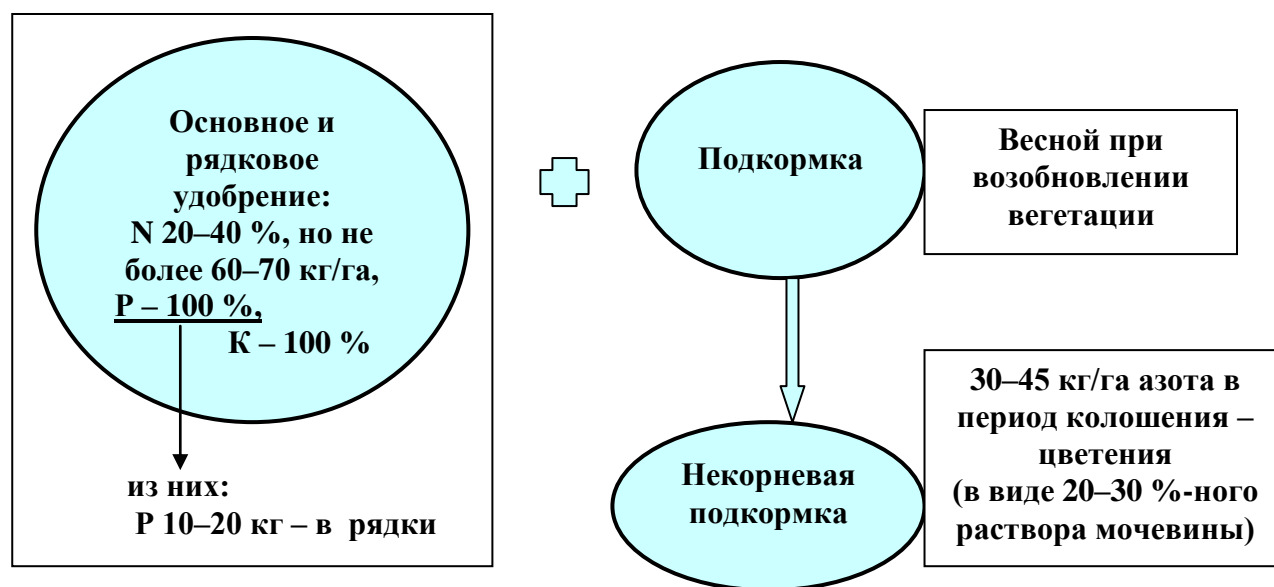


Рисунок 15. Примерная схема удобрения озимых зерновых культур

Дозы *минеральных удобрений* определяют с учетом величины планируемого урожая, свойств почвы, особенностей предшественника и его удобренности.

*Фосфорные и калийные удобрения* (за исключением стартовой дозы фосфора) вносят *до посева* под основную обработку почвы. Наибольший эффект дает локальное (ленточное) внесение основной дозы минеральных удобрений.

*Азотные удобрения* применяют *дробно*. Под предпосевную обработку почвы используют примерно 30% суммарной дозы, но не более 60–70 кг/га. Лучшими азотными удобрениями для основного внесения являются аммонийные и амидные, которые мало подвижны в почве и практически не вымываются.

На хорошо окультуренных почвах, после бобовых предшественников, а также на всех почвах при внесении органических удобрений непосредственно под озимые азотные минеральные удобрения не вносят.

Такая организация питания растений в осенний период обеспечивает лучшее кущение, укоренение, накопление углеводов в узлах кущения и повышение зимостойкости растений.

Доза *рядкового* удобрения составляет 10–20 кг/га  $P_2O_5$  в виде водорастворимых фосфорных удобрений – суперфосфата, аммофоса или других комплексных удобрений. По данным опытов, проведенным на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, рядковое удобрение (10–20 кг/га  $P_2O_5$ ) повышает урожайность озимых зерновых на 1,8–3,4 ц/га и наибольший эффект дает внесение фосфора.

Весной озимые рано трогаются в рост и требуют повышенного количества азота. Минерального азота в почве в это время осень мало, так как мобилизационные процессы в почве в осеннее-весенний период ослаблены из-за низких температур и переувлажнения почвы, поэтому оставшееся количество азотных удобрений используют при проведении *подкормок*.

Подкормки могут быть ранними и поздними; ранние подкормки влияют на величину урожая, поздние (летние) – в основном, на его качество. Количество подкормок определяется технологией выращивания озимых зерновых культур.

*При рядовой, традиционной технологии* проводят одну подкормку (используя оставшуюся дозу азота) – рано весной, как только сошел снег, и возобновилась вегетация растений (время весеннего возобновления вегетации – ВВВВ). Это наиболее эффективный срок внесения удобрений, так как он максимально приближен ко времени активного потребления растениями питательных элементов. В это время у растений появляются молодые корешки. Эта подкормка улучшает кущение растений и повышает урожайность. Внесение в это время 30 кг/га азота позволяет дополнительно получить до 3 ц/га зерна.

Однако на суглинистых почвах проведение подкормки в этот срок может быть затруднено из-за сложности передвижения разбрасывателя по полю. Если поле ровное, не имеет большого уклона, то подкормка может быть проведена раньше – «по черепку», когда в ранние утренние часы почва находится в подмерзшем состоянии, что не мешает движению машин.

При выращивании озимых *по интенсивной технологии*, предполагающей наличие технологической колеи, по которой может передвигаться техника,

делают до трех подкормок. Первую подкормку (20% от суммарной годовой дозы) проводят рано весной при возобновлении вегетации. Оптимальная доза азота при этой подкормке зависит от плотности посева растений: при плотности 800–1000 шт./м<sup>2</sup> – 50–60 кг/га азота, при 600–800 шт./м<sup>2</sup> дозу следует увеличить на 15–20%, при плотности более 1000 шт./м<sup>2</sup> – не более 50 кг/га. Лучшим удобрением для этой подкормки является аммиачная селитра, можно использовать мочевины, которую следует заделывать в почву бороной или для ее внесения использовать сеялку СЗО-3,6, направляя ее поперек рядков растений. Для этой подкормки можно использовать также жидкое азотное удобрение – КАС.

Дозу подкормки можно уточнить по результатам почвенной диагностики. Для этого определяют запас минерального азота в метровом слое почвы и уточнение ведут по формуле:

$$D_N = N_{\text{мин}}(1) - N_{\text{мин}}(2),$$

где  $D_N$  – уточненная доза азота для подкормки, кг/га;  $N_{\text{мин}}(1)$  – требуемое содержание минерального азота в почве, кг/га;  $N_{\text{мин}}(2)$  – фактическое содержание его в почве, кг/га

Для получения урожая зерна 45–55 ц/га в метровом слое почвы должно содержаться 140–160 кг/га минерального азота.

Одновременно проводят тканевую или листовую диагностику питания растений. Оптимальное содержание азота в листьях озимой пшеницы в фазе кущения составляет 4,9–5,5% на сухое вещество.

Если уточненная доза азота превышает 80 кг/га, то ее делят на две части (две подкормки).

Вторую подкормку проводят в начале выхода растений в трубку (при появлении первого стеблевого узла). Эта подкормка способствует формированию продуктивного стебля (удлинению колоса, увеличению в нем количества зерен). Наиболее эффективным удобрением для этой цели является аммиачная селитра. Доза азота составляет 20–30% годовой дозы. Ее можно уточнить на основе растительной диагностики (тканевой или листовой). Оптимальное содержание азота в листьях озимой пшеницы в фазе выхода в трубку составляет 3,9–4,5% на сухое вещество. Уточнение проводят по формуле:

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

где  $D_N$  – уточненная доза азота для подкормки, кг/га;  $D'_N$  – уточняемая (рекомендуемая) доза азота, 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 проводят по формуле:



$$D_N = D'_N \frac{N_{опт} \times P_{факт} \times K_{факт}}{N_{факт} \times P_{опт} \times K_{опт}},$$

где  $D_N$  - уточненная доза азота для подкормки, кг/га;  $D'_N$  - уточняемая (рекомендуемая) доза азота, кг/га;  $N_{опт}, P_{опт}, K_{опт}$  - оптимальное содержание азота, фосфора и калия в листьях, %;  $N_{факт}, P_{факт}, K_{факт}$  - фактическое содержание азота, фосфора и калия в листьях, %.

Корректировка доз азотных удобрений, используемых в подкормках, позволяет правильное и экономнее их расходовать.

Весенние подкормки фосфорными и калийными удобрениями не эффективны. Лишь на почвах легкого гранулометрического состава возможна подкормка растений калием. Наибольшая оплата урожаем, отмечается у используемых в подкормку азотных удобрений (табл. 13)

Третья подкормка (*некорневая*) проводится в период колошения-цветения. Она способствует повышению содержания в зерне белка. Некорневую подкормку проводят мочевиной (10–20%-ным раствором) или КАС (при разведении его водой в отношении 1 : 2 или 1 : 3). Аммиачная селитра в таких концентрациях дает ожоги, поэтому ее для этих целей не используют. Мочевина оказывает и физиологическое воздействие: усиливает фотосинтез, распад белков в листьях и отток азотсодержащих соединений в зерно.

Подкормку лучше проводить вечером в безветренную и не дождливую погоду или утром. Оптимальная доза азота для некорневой подкормки составляет 30–45 кг/га. Для ее уточнения используют результаты листовой диагностики: если содержание общего азота в листьях превышает 4%, то подкормку не проводят, так как сильную пшеницу можно получить и без нее; если меньше 2% – подкормка бесполезна; и только если содержание общего азота составляет 2–4% – подкормка азотом показана.

Некорневая подкормка повышает не только содержание белка в зерне (на 0,5–2%), но и клейковины (на 3–5%), а также увеличивает выход незаменимой аминокислоты лизин.

**Таблица 13 – Влияние весенней подкормки на урожай озимых в Нечерноземной зоне (данные ВИУА)**

Удобрения и дозы, ц/га	Число опытов	Прибавка урожая зерна, ц/га	Оплата 1 кг д.в. зерном, кг
Аммиачная селитра (0,7)	686	3,0	12,6
Суперфосфат (1,5)	545	2,4	8,0
Аммиачная селитра (0,7) + суперфосфат (1,5)	320	3,5	6,5
Аммиачная селитра (0,7) + суперфосфат (1,5) + хлористый калий (0,5)	169	3,9	4,6

Поздняя подкормка эффективна лишь на полноценных по густоте посевах с ожидаемой урожайностью пшеницы более 2,5–3 т/га, ржи – не менее 2–2,5 т/га при годовой дозе минерального азота более 60 кг/га.

При суммарных дозах азота, превышающих 100–120 кг/га для озимой пшеницы и 90 кг/га для озимой ржи, даже на высоком фосфорно-калийном фоне отмечается полегание посевов, от которого может быть потеряно до 30–60% урожая.

Решение этой проблемы – применение *ретардантов* (от лат. retardatio – замедление, задержка). Это химические препараты, которые замедляют рост растений в высоту, утолщают стенки стебля, способствуют развитию корневой системы. Их применяют как средство борьбы с полеганием без нарушения нормальных сроков созревания. В качестве примера можно привести препарат тур (ССС – хлорхолинхлорид - от лат.: chlorcholinchlorid).

Обработку посевов ретардантами целесообразно совмещать с использованием гербицидов, проведением подкормки азотными и микроудобрениями.

Из микроудобрений для некорневых подкормок и предпосевной обработки семян используют борную кислоту, сульфаты меди, цинка, марганца. Для внесения в почву – бормагниевое удобрение, борный суперфосфат, аммофос с цинком, аммофос с медью, суперфосфат с марганцем, хлористый калий с медью и другие макроудобрения с микроэлементами. Дозы и приемы внесения микроэлементов показаны в таблице 14.

**Таблица 14 – Дозы и приемы внесения микроудобрений под озимые зерновые**

Микроэлементы	Прибавка урожая, ц/га	Дозы и приемы внесения		
		основное, кг/га	в подкормку, г/га	обработка семян, г/ц
Бор	1,4	0,5	50	10
Медь	3,7	1,0	75	30
Цинк	2,5	3,0	25	12

## **9.2 ЯРОВЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ (пшеница, ячмень, овес)**

Период вегетации яровых зерновых культур короче, чем озимых (ячмень – 70–100 дней, овес – 100–120, яровая пшеница – 80–115 дней), а количество питательных элементов, выносимых урожаем, у них примерно одинаковое. В расчете на 1 т зерна с соответствующим количеством соломы в Нечерноземной зоне яровая пшеница выносит 27–38 кг азота, 9–12 кг фосфора и 18–30 кг калия, ячмень – 20–28, 7–12 и 11–24, а овес – 25–32, 10–14 и 28–32 кг, соответственно.

Корневая система у яровых зерновых менее развита, чем у озимых, они слабее кустятся. Это делают необходимым организацию их полноценного питания легкодоступными формами питательных элементов.

Поглощение растениями элементов питания происходит неравномерно. Почти половину общей потребности в азоте они потребляют к фазе выхода в трубку, а к фазе колошения поглощение азота практически завершается. Недостаток азота в первый месяц жизни ведет к нарушению формирования генеративных органов и снижению урожая. В таких условиях проведение подкормок азотом в более позднее время не помогает.

Первые 10–20 дней являются критическим периодом в питании растений фосфором. Рядковое внесение фосфорных удобрений (10–20 кг/га  $P_2O_5$ ) способствует росту корневой системы, формированию крупного колоса, ускоряет созревание растений, способствует лучшему усвоению растениями азота и калия, повышает урожайность яровых зерновых на 2–4 ц/га. По сравнению с азотными удобрениями фосфорные дают меньшую прибавку урожая, но при их недостатке растения плохо усваивают азот и калий.

Наибольшее количество калия растения поглощают в первые периоды роста, к фазе колошения в них уже содержится весь необходимый калий. Калийные удобрения наиболее эффективны на торфяно-болотных, минеральных песчаных и супесчаных почвах, а также в условиях известкования кислых почв и при низком содержании подвижных форм калия в почве.

Ячмень является важнейшей кормовой и крупяной культурой, широко используется в пивоварении. Требования к качеству зерна зависят от его назначения. При использовании ячменя на кормовые и пищевые цели содержание белка должно быть высоким, а клетчатки – низким. При использовании на пивоваренные цели содержание белка в зерне ячменя не должно превышать 12%, содержание крахмала должно быть 56–70, а экстрактивность – 72–83%. Содержание белков и крахмала в зерне взаимосвязано: чем больше крахмала, тем меньше белков.

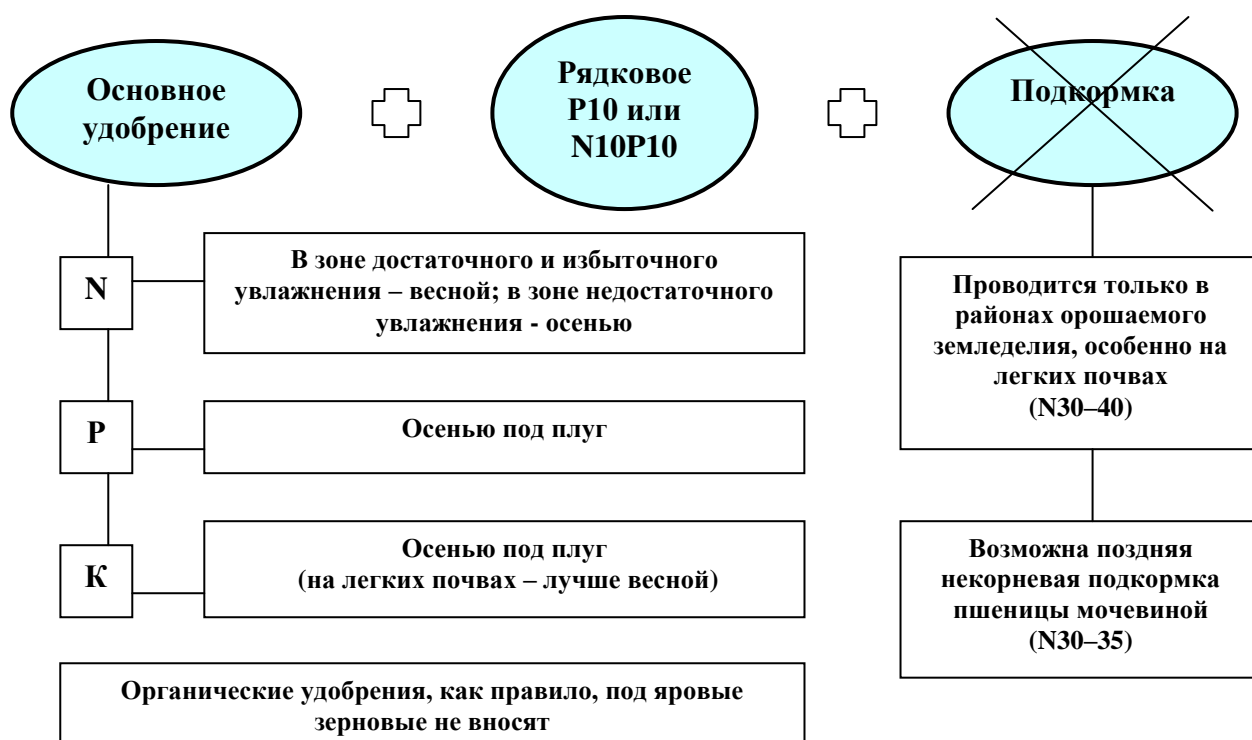
Нечерноземная зона России по количеству тепла, осадков, света отвечает требованиям для получения лучшего по качеству зерна ячменей.

Из яровых зерновых наиболее требовательны к условиям произрастания ячмень и пшеница, особенно твердая, так как основное количество питательных элементов она поглощает за более короткий промежуток времени. За период трубкования-колошения в пшеницу поступает 75% и более питательных элементов. Ячмень и пшеница хорошо растут на удобренных почвах с нейтральной реакцией среды (рН 6,0–7,3), не переносят кислых почв, очень хорошо отзываются на известкование и применение удобрений. Наибольшее влияние на содержание белков в зерне яровых зерновых оказывают азотные удобрения, особенно на бедных дерново-подзолистых почвах.

Овес отличается меньшей требовательностью к теплу и плодородию почвы, чем другие яровые зерновые, лучше переносит кислые почвы (оптимальное значение рН 5,0–6,5), устойчив к кратковременным заморозкам, в первой половине вегетации имеет повышенную требовательность к влаге. При

нехватке удобрений овес является первым кандидатом на их лишение. Вместе с тем эта культура хорошо отзывается на повышение плодородия почвы.

Система удобрения яровых зерновых, как правило, строится по двухзвенной схеме – допосевное и рядковое (рис. 16).



**Рисунок 16 . Схема распределения минеральных удобрений под яровые зерновые**

Яровые зерновые очень отзывчивы на удобрение. В среднем 1 кг NPK при правильном соотношении дает дополнительно 5,0–5,5 кг зерна.

Органические удобрения под яровые зерновые, как правило, не вносят, так как они хорошо используют их последствие. Дозы минеральных удобрений определяют исходя из величины плановой урожайности, плодородия почвы, особенностей предшественника, его удобренности и др. При современной технологии выращивания яровых хлебов под урожай зерна 4,0–4,5 т/га на дерново-подзолистых почвах требуется внесение 120–130 кг/га азота, 100–110 – фосфора и 90–100 кг/га калия. При подсеве к яровым зерновым многолетних трав, например клевера с тимофеевкой, фосфорно-калийные удобрения целесообразно вносить 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 отмечается высокая эффективность калийных удобрений.

До посева используют полное минеральное удобрение, при этом в зонах достаточного увлажнения фосфорно-калийные удобрения вносят осенью под зяблевую обработку почвы, а азотные – весной. На песчаных, супесчаных и

торфяных почвах с промывным типом водного режима осеннее внесение калийных удобрений нежелательно.

Лучшими удобрениями для основного внесения являются аммофос, аммофосфат, ЖКУ, хлористый калий, аммиачная селитра (весной), КАС.

В системе удобрения яровых зерновых особая роль принадлежит азоту. При содержании нитратного азота в слое почвы 0–20 см менее 15 мг/кг почвы, что соответствует низкой обеспеченности, внесение азота до посева необходимо, особенно под пшеницу. Если яровые хлеба размещаются после пропашных, под которые применяли органические удобрения в дозе 40 т/га, во избежание полегания растений следует вносить не более 50–60 кг/га азота.

При посеве яровых хлебов обязательным приемом является внесение в рядки водорастворимого фосфорного удобрения в дозе 10–20 кг/га  $P_2O_5$  (в виде суперфосфата или аммофоса).

Подкормку яровых зерновых обычно не проводят. Она целесообразна только при орошении и выращивании этих культур по прогрессивной технологии, когда планируется высокая доза азота под высокий урожай, а также тогда, когда по разным причинам до посева азотные удобрения не были внесены или их было внесено недостаточно. В этих случаях подкормку проводят в конце фазы кущения или начала выхода растений в трубку (в последнем случае – при наличии технологической колеи), а также можно провести некорневую подкормку в период колошения–начала цветения.

Поздняя подкормка улучшает качество зерна. Для ее проведения берут 65 кг/га мочевины на 300–500 л воды (для внесения наземной техникой). Можно использовать КАС при разведении водой в отношении 1:2 или 1:3. Необходимо отметить, что прикорневые подкормки азотными удобрениями могут быть эффективными только при условии достаточного увлажнения почвы.

Из микроэлементов наибольшее значение для яровых хлебов имеет медь. Для некорневых подкормок используют раствор сульфата меди (100–200 г/га в зависимости от содержания этого микроэлемента в почве) и проводят ее в стадии конца кущения–выхода в трубку, совмещая с химической прополкой, обработкой посевов туром, некорневой подкормкой азотом.

### **9.3 ЗЕРНОБОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ**

Зернобобовые культуры (люпин, горох, вика яровая, озимая, кормовые бобы) 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, люпин – 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. С помощью зернобобовых культур можно успешно решать проблему белка в пищевом и кормовом рационе.

Многообразна роль зернобобовых культур и в земледелии. Они обогащают почву биологическим азотом (до 50–60 кг/га), однако существенно на его баланс не влияют, оказывают положительное действие на структуру почвы, ее физические свойства, подавляют рост сорняков. Это прекрасный предшественник для зерновых и многих других сельскохозяйственных культур. Примерно 65–70% азота, необходимого для формирования урожая, зернобобовые берут из воздуха в процессе симбиотической азотфиксации. Повышенное содержание в почве минерального азота значительно снижает ее размеры.

Вторая важная особенность зернобобовых культур, особенно люпина и гороха – их способность усваивать из почвы и удобрений труднодоступные формы фосфора. Люпин, имея мощную, глубоко проникающую корневую систему, способен поглощать фосфор и другие элементы питания из глубоких горизонтов, обогащая ими пахотный слой почвы.

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 во ВНИИЗБК на серых лесных почвах, 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).

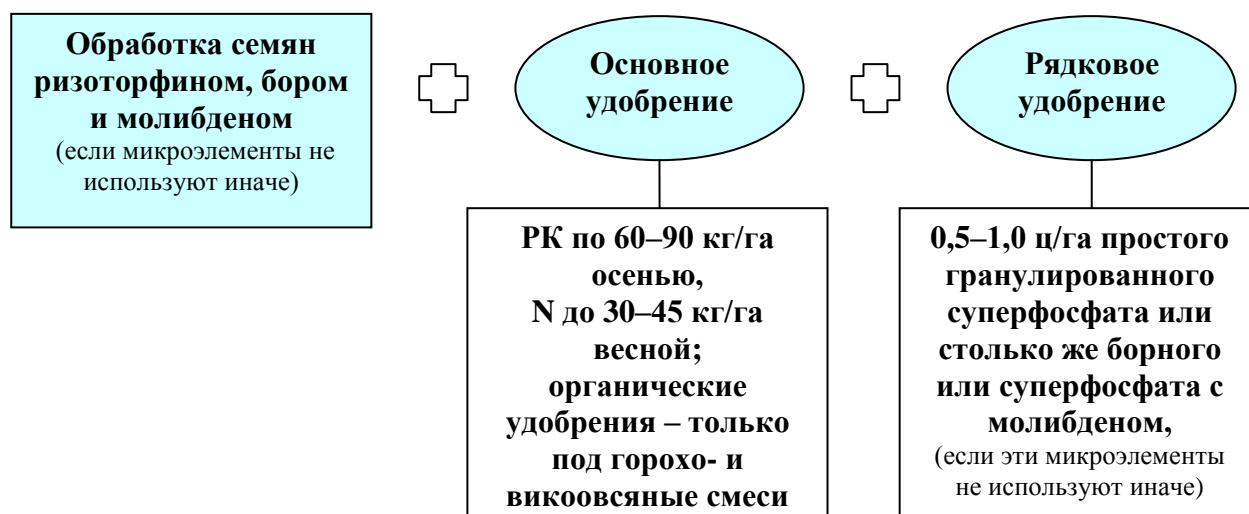
Горох, вика и кормовые бобы требуют близкую к нейтральной реакцию среды (рН 6–7). Кислые почвы необходимо известковать. Нейтральная почва – это необходимое условие для развития клубеньковых бактерий. Кроме того, необходимо высокое содержание гумуса, обеспеченность почвы фосфором, калием, кальцием, молибденом.

Основными зернобобовыми культурами для возделывания на дерново-подзолистых и серых лесных суглинистых почвах являются горох, вика и их смеси с овсом, на песчаных и супесчаных – люпин желтый.

Система удобрения зернобобовых культур предусматривает основное и рядковое удобрение с выполнением комплекса мер для повышения их азотфиксирующей способности (рис. 17).

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 17. 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 30–45 кг/га. Необходимость их применения под зернобобовые культуры диктуется тем, что фиксация азота начинается примерно через 3–4 недели после посева, кроме того, они являются слабыми азотфиксаторами, кроме люпина, который до 80% потребности в азоте удовлетворяет за счет атмосферного и в дополнительном азоте не нуждается. Лишь на почвах крайне бедных азотом в ранние весенние сроки его вносят 30–40 кг/га.

Важным звеном системы удобрения зернобобовых культур является внесение фосфора в рядки при посеве. Это может быть гранулированный простой суперфосфат или, если не проводилась обработка семян бором и молибденом и при низком содержании их в почве, а также борный или молибденизированный суперфосфат в количестве 0,5–1,0 ц/га. Прибавка урожая от этого приема составляет 1,5–2,0 ц/га зерна.

Подкормку зернобобовых культур не проводят.

На нейтральных почвах зернобобовые культуры могут испытывать недостаток бора. Для усиления азотфиксации им необходим молибден. Прибавка урожая зерна гороха от внесения молибдена на дерново-подзолистых и серых лесных почвах составляет 2–3 ц/га. При содержании доступных форм бора и молибдена менее 0,3 мг/кг почвы необходимо применять борные и молибденовые микроудобрения, например, борный и молибденизированный суперфосфат. Их лучше использовать при посеве в рядки. Для предпосевной обработки семян используют борную кислоту и молибдат аммония. В современных условиях дефицита удобрений последний прием имеет предпочтение.

С целью повышения азотфиксирующей способности зернобобовых культур применяют также обработку семян ризоторфином (200 г на гектарную норму семян), используя предназначенный для данной культуры препарат. Это особенно важно при выращивании бобовых культур на полях, где ранее они не возделывались. Ризоторфин повышает урожайность зерна гороха на 1–2 ц/га, люпина – на 2–2,5 ц/га при увеличении содержания белка в зерне на 2–3%. Инокуляцию семян ризоторфином совмещают с обработкой их борной кислотой и молибдатом аммония (по 25–30 г на 1 ц семян). Удобрения и ризоторфин растворяют в 5–10 л воды (расход на 1 т семян) и обрабатывают семена непосредственно перед посевом.

Таким образом, возделывание зернобобовых по современной технологии предусматривает соблюдение ряда условий: наличие штамма бактерий, реакцию почвы, близкую к нейтральной, оптимальную влажность и хорошую аэрацию почвы, необходимое содержание в почве подвижных форм фосфора и калия (по 100–150 мг/кг почвы), а также микроэлементов, высокий уровень фотосинтеза, так как клубеньковые бактерии требуют много углеводов, использование высокопродуктивных районированных сортов.

## **9.4 ГРЕЧИХА**

Гречиха – одна из важнейших крупяных культур, которая может расти на разных почвах, но основные посевные площади ее сосредоточены на дерново-подзолистых почвах. Эта ценная продовольственная культура при благоприятных погодных условиях дает 20 и более центнеров зерна с 1 га. Содержание белка в зерне гречихи составляет 12–14%.

Гречиха относится к теплолюбивым растениям, семена начинают прорастать при температуре почвы 7–8 °С, всходы ее чувствительны к заморозкам и повреждаются при температуре воздуха минус 2–3 °С, при минус 4 °С растения полностью погибают. В период цветения-плодообразования температура воздуха должна быть в пределах 17–25 °С при относительной влажности не менее 50%. Температуры выше 30 °С и ниже 12–14 °С отрицательно влияют на плодообразование.

Гречиха – влаголюбивая культура, особенно в период цветения, когда растения поглощают 50–60% влаги от общей потребности.

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. В числе немногочисленных культур она способна усваивать фосфор из труднодоступных форм. Поэтому под нее можно вносить самое дешевое фосфорное удобрение – фосфоритную муку.

Лучшими почвами для гречихи являются хорошо аэрируемые, быстро прогреваемые, чистые от сорняков супесчаные почвы, а также легкие и среднесуглинистые хорошо окультуренные почвы. Она плохо растет на переувлажненных, заплывающих, холодных, тяжелых почвах. Для гречихи



малопригодны как низкие места, где посевы могут пострадать от избытка влаги, туманов, заморозков, так и возвышенные, которые не защищены от холодных северо-восточных ветров.

Она хорошо растет при pH почвы 5–7. Известкование кислых почв повышает урожайность гречихи на 1,8–2,4 ц/га. Из известковых удобрений лучше использовать содержащую магний доломитовую муку.

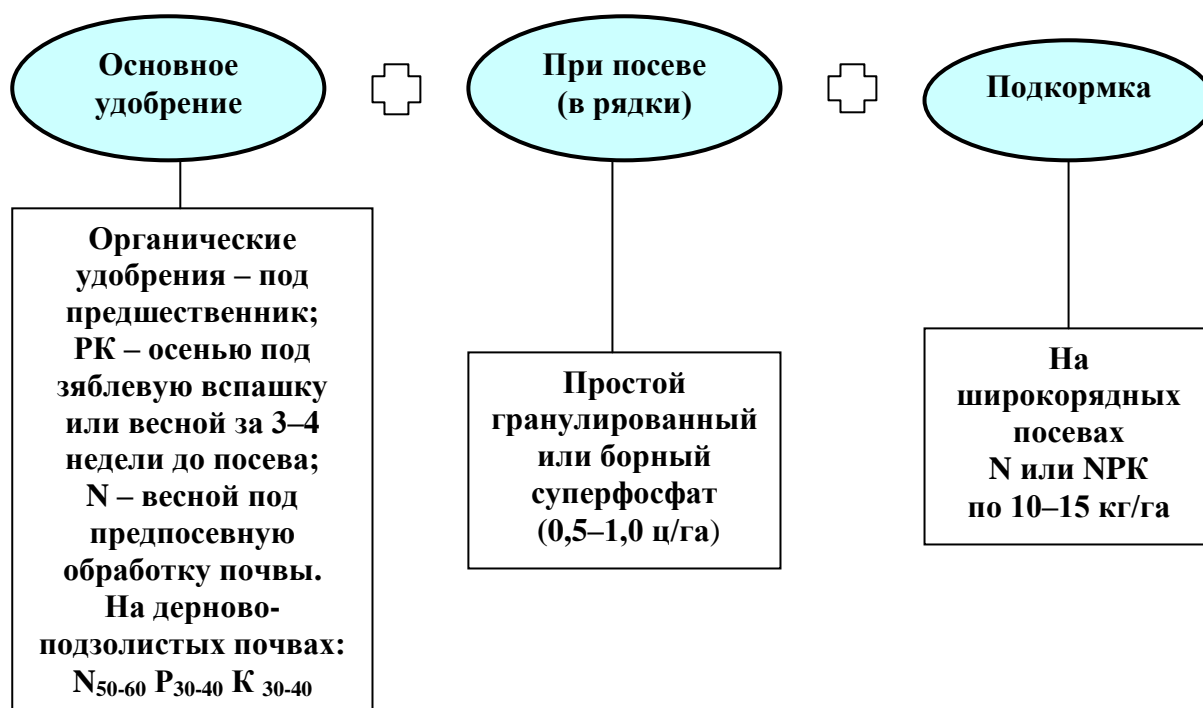
Гречиха отличается интенсивным выносом питательных элементов урожаем: в расчете на 1 т зерна с соответствующим количеством соломы она выносит 30–38 кг азота, 15–20 – фосфора и 40–48 кг калия, что, соответственно, в 1,5, 2 и 3 раза выше, чем вынос зерновыми хлебами. Это калиелюбивая и хлорофобная культура, поэтому лучшими формами калийных удобрений под нее являются бесхлорные (калимаг, калимагнезия и др.). Так как в ассортименте калийных удобрений существенно преобладают хлорсодержащие, то их под гречиху следует вносить осенью, что в достаточной степени обеспечит вымывание хлора осенне-весенними осадками за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Допустимо их весеннее внесение за 3–4 недели до посева гречихи, особенно на легких почвах.

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 основных факторов повышения урожайности гречихи является рациональное применение органических и минеральных удобрений. Гречиха проявляет высокую отзывчивость на органические удобрения, внесенные под предшественник. Лучшими предшественниками для нее являются сахарная свекла, картофель, кукуруза на силос, бобовые, удобренные озимые, пласт и оборот пласта многолетних трав. Не следует размещать гречиху после картофеля, пораженного нематодой, и овса. На легких супесчаных почвах хорошим предшественником и одновременно органическим удобрением является люпин.

Минеральные удобрения при непосредственном внесении под гречиху повсеместно повышают ее урожайность, особенно на почвах с pH выше 5,6 и низким уровнем естественного плодородия, расположенных в зонах достаточного увлажнения (Нечерноземная зона, лесостепь Поволжья, Сибирь и Дальний Восток). Схема системы удобрения гречихи показана на рисунке 18.

Дозы удобрений на планируемую урожайность следует определять с учетом почвенно-климатических условий, биологической потребности культуры в элементах питания, уровня обеспеченности почвы подвижными формами элементов питания (на основании агрохимических картограмм) и степени их использования из почвы, последствий органических удобрений, внесенных под предшественник и других условий.



**Рисунок 18. Схема удобрения гречихи**

Гречиха хорошо отзывается на азотные удобрения, но избыток азота в середине и второй половине вегетации задерживает созревание и резко снижает плодообразование. Для среднеспелых и среднепозднеспелых сортов гречихи, даже на слабокультуренных почвах после зерновых предшественников, доза азота не должна превышать 60 кг/га, после пропашных – 30–40 кг/га.

Дозы фосфорных и калийных удобрений при содержании в почве подвижных форм фосфора и калия менее 100 мг/кг почвы для получения урожайности 18–20 ц/га колеблются от 50 до 60 и от 90 до 100 кг/га, соответственно. При содержании в почве фосфора и калия более 200 мг/кг можно внести только 15–20 кг/га фосфора в рядки при посеве и 30–50 кг/га калия до посева.

Кроме азота, фосфора и калия, для высокой продуктивности гречихи необходимы и некоторые микроэлементы. На дерново-подзолистых почвах, особенно после известкования, отмечается недостаток доступных для растений форм бора (менее 0,3 мг/кг почвы). В этих условиях внесение борных удобрений является одним из важнейших элементов системы удобрения. Для предпосевной обработки семян используют борную кислоту или буру, в почву вносят борнодатолитовую муку (100–150 кг/га) в смеси с основной дозой макроудобрений, борный суперфосфат вносят в рядки при посеве (0,5–1,0 ц/га).

Таким образом, на почвах с низким и средним уровнем естественного плодородия (при содержании 1,5–2,0% гумуса, 50–100 мг/кг почвы подвижных форм фосфора и калия) система удобрения гречихи должна включать следующие основные элементы: внесение органических удобрений под предшествующую культуру, основное внесение фосфорно-калийных удобрений

осенью, а азотных – весной; внесение в рядки при посеве простого или борного суперфосфата или сложных удобрений в дозах 10–20 кг  $P_2O_5$  на 1 га. На широкорядных посевах при планировании высокой урожайности и современной технологии возделывания гречихи посевы подкармливают азотными или комплексными удобрениями (10–15 кг д. в. на 1 га) в период бутонизации-начала массового цветения.

## 9.5 ЛЕН – ДОЛГУНЕЦ

Лен-долгунец является важнейшей технической, прядильной и масличной культурой. Волокно льна по крепости на разрыв превосходит хлопок, джут, шерсть. Оно идет на изготовление тканей (от тончайшего батиста до грубых технических). Льняные ткани гигроскопичны и обладают ценными гигиеническими свойствами. Семена льна содержат 35–40% жира, который идет на изготовление высококачественной олифы, лаков, красок, на пищевые цели, и 20–25% белка. Льняной жмых (остаток семян после отжима масла) является ценным кормом для животных, так как содержит до 9% жира и 34% сырого протеина. Из костры изготавливают плиты, используемые в строительстве.

Лен – культура умеренного климата, любит рассеянный свет, облачность. Он лучше удается в местах с умеренно теплой, скорее, прохладной погодой. Это влаголюбивое растение, особенно в период от всходов до бутонизации. Вегетационный период у него короткий (75–90 дней).

Лен имеет слабо развитую корневую систему. Корень – стержневой, может проникать в почву на глубину 150 см, но основная масса корней располагается в верхнем 15–20 см слое. Усваивающая способность корней слабая.

Общее количество потребляемых питательных элементов невелико: в расчете на 1 т соломки льна вынос азота составляет 10–14 кг, фосфора – 4,5–7,5, калия – 11–17,5 кг, т. е. в 1,5–2,5 раза меньше, чем озимыми хлебами. Из удобрений лен усваивает азот на 80–90%, фосфор – на 15–20%, калий – на 50–60%.

Питательные элементы поглощаются льном неравномерно. Первые 15–20 дней после появления всходов лен растет медленно, в это время усиленно развивается корневая система. Это критический период в потреблении фосфора. От фазы «елочки» до бутонизации отмечается критический период в питании азотом. Избыток азота недопустим, так как он снижает качество волокна, повышает склонность льна к полеганию, затягивает созревание, утолщает стебли. За период всходы–бутонизация льном поглощается примерно 30% азота и калия и 20% фосфора от максимального содержания.

Максимальное количество питательных элементов (60–65%) лен поглощает в течение короткого промежутка времени (примерно две недели) от – бутонизации до цветения. К концу цветения поглощение азота и калия достигает 100%, фосфора – 80–90% от максимального.

Наиболее пригодными для возделывания льна-долгунца являются дерново-подзолистые средне- и легкосуглинистые почвы на моренных и лессовидных

суглинках. Не пригодны дерново-подзолистые почвы на рыхлых песках (неустойчивый водный режим), дерново-карбонатные с нейтральной или щелочной реакцией среды, дерново-подзолистые глеевые и глееватые, которые часто заплывают и находятся в переувлажненном состоянии, а также пойменные почвы, на которых невозможно устойчивое увлажнение.

Большая часть территории Нечерноземной зоны и Смоленской области соответствует требованиям льна к почве и погоде.

Оптимальный уровень  $pH_{KCl}$  для льна – 5,5–6,0. Лен очень чувствителен к содержанию в почве подвижного алюминия. При наличии его в почве более 2 мг/100 г почвы он оказывает на лен вредное действие.

Лен хорошо отзывается на известкование сильно- и среднекислых почв, но после известкования нередко отмечается поражение льна бактериальными болезнями. Причины такого явления следующие:

- избыточно высокие дозы известковых материалов, вызывающие сдвиг реакции почвенной среды до  $pH_{KCl}$  6,5–7,0, что неблагоприятно для льна;
- нарушение соотношения Ca : K в почве в пользу кальция;
- недостаток магния при известковании мелом, известью или другими материалами, не содержащими магний;
- недостаток подвижных соединений бора на известкованных почвах;
- неравномерность распределения известковых материалов и удобрений, что является причиной очагового заболевания льном бактериальными болезнями.

В связи с этим, известкование в севооборотах со льном имеет следующие особенности:

1. Дозы извести должны быть такими, чтобы смещение  $pH_{KCl}$  не превышало значение 6,0. Эти дозы оказывают действие в течение 6–7 лет. При достаточном количестве минеральных и органических удобрений известковать почву можно полными дозами, но при их дефиците дозы известковых удобрений снижают на суглинистых почвах на 30%, на легких супесчаных почвах – на 50%.

2. Известкование следует проводить магнийсодержащими материалами, например, доломитовой мукой. При этом следует осуществлять строгий контроль равномерности внесения известковых материалов.

3. Известь следует вносить или непосредственно под лен, или не позже, чем за 4–5 лет до его посева. Организационно лучшее место внесения извести в севообороте со льном – покровная для клевера (или других многолетних трав) культура. В данном случае заметно повышается урожайность клевера, посевы которого сильно изреживаются при повышенной кислотности, особенно после перезимовки.

4. На фоне известкования ухудшается поступление калия в растения льна, поэтому необходимо постоянно заботиться об увеличении запасов его в почве. Оптимальное содержание подвижного калия в почве для льна – 200–250 мг/кг почвы. При его содержании менее 80 мг/кг почвы и известковании полными дозами дозу калийных удобрений под лен необходимо увеличить в 1,5–2 раза.

5. Так как известкование снижает содержание в почве подвижных форм бора и других микроэлементов (кроме молибдена), следует предусмотреть внесение под лен борсодержащих минеральных удобрений. Недостаток бора влияет, главным образом на образование и развитие цветков и семян, пыльца не прорастает, и цветки опадают. Доза бора под лен при основном внесении составляет 0,5–1,0 кг/га. Эффективно внесение борного суперфосфата при посеве в рядки (0,5 ц/га).

Для льна важна также обеспеченность почвы подвижными формами фосфора и калия.

Исключительно важно правильное распределение органических и минеральных удобрений в севооборотах со льном.

При планировании удобрений следует учитывать отношение льна к концентрации солей в почве, соотношение азота, фосфора и калия в удобрении, формы удобрений, время внесения и способы их заделки, и, конечно, плодородие почвы, уровень планируемого урожая, предшественник и его удобренность.

Наиболее высокие урожаи льна дает полное минеральное удобрение в сочетании с органическими удобрениями в севообороте и известкованием кислых почв.

Под лен органические удобрения не вносят из-за высокой опасности засорения посевов сорняками (1 т навоза содержит до 1,5–2 млн. семян сорных растений), невозможностью равномерного их внесения и связанной с этим возможной пестротой стеблестоя из-за неодновременного созревания растений. В севообороте со льном органические удобрения чаще всего вносят под озимые зерновые и пропашные культуры.

В минеральных удобрениях особое внимание следует обращать на дозы азота. При избытке азота в стеблях льна-долгунца увеличивается доля древесины и снижается содержание волокна. Само волокно получается легковесным, с низкой прочностью или грубым, сильно одревесневшим. Избыточные дозы азота – одна из причин сильного поражения льна ржавчиной, замедления его созревания. Поэтому дозы азотных удобрений должны быть установлены с учетом степени окультуренности почвы, вида предшественника и его удобренности. После клевера и других бобовых культур под лен сокращают дозы азота, но возрастает потребность в фосфоре и калии. Лен, идущий по мягким почвам, удобряется большей дозой азота.

В таблице 19 приведены рекомендуемые дозы минеральных удобрений под лен-долгунец на дерново-подзолистых почвах.

Соотношение питательных элементов в минеральных удобрениях, применяемых под лен, зависит от уровня окультуренности почвы. На почвах окультуренных, хорошо обеспеченных азотом, отношение  $N:P_2O_5:K_2O$  должно быть 1:3:4, на бедных азотом почвах – 1:2:2-3.

Форма азота может быть любой, но лучше его вносить в составе комплексных удобрений. Лучшим таким удобрением является аммофос. Из фосфорных удобрений пригодны любые, даже труднорастворимые. Хотя лен сам не способен усваивать труднорастворимые фосфаты почвы и удобрений, но

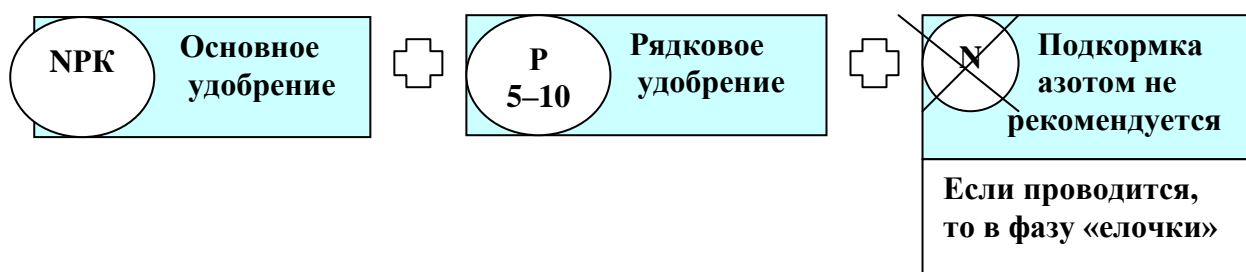
под действием почвенной кислотности, к которой он относительно устойчив, они переходят в водорастворимую форму. Можно использовать сочетание удобрений, например, 50% фосфора в виде суперфосфата и 50 – в виде фосфоритной муки.

**Таблица 15 – Дозы минеральных удобрений под лен-долгунец на дерново-подзолистых почвах при среднем содержании питательных элементов**

Урожайность волокна, ц/га	N, кг/га		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	хорошие клеверища	плохие клеверища и другие культуры	кг/га	
5–7	0–20	30–40	50–60	60–80
8–9	20–30	40–60	60–90	80–100
10–12	30–45	60–80	90–120	90–120

Из калийных удобрений имеют преимущество бесхлорные формы (калимагнезия, калимаг, сульфат калия, калийная селитра, зола). Но внесение хлористого калия с осени равноценно сульфату калия. Сильвинит и калийные соли уступают им.

При выращивании льна можно использовать все три приема внесения удобрений: основное, рядковое и подкормку (рис. 19).



**Рисунок 19. Схема распределения минеральных удобрений под лен-долгунец**

Основное удобрение обеспечивает питание растений на протяжении всего вегетационного периода льна. Его вносят как осенью, так и весной. Все фосфорно-калийное удобрение (или 2/3 их дозы) вносят осенью, азотные – весной (вместе с оставшейся 1/3 частью фосфорного и калийного удобрений). Если фосфор и калий не был внесен осенью, то это необходимо сделать ранней весной. Как правило, при ранневесеннем применении минеральных удобрений они должны быть внесены за 2–3 недели до посева.

Для усиления роста растений в первый период в рядки при посеве вносят гранулированный суперфосфат (или борный суперфосфат) в дозе 10–15 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Для этих целей можно использовать аммофос или нитрофоску.

Подкормка эффективна, если доза азота высокая или до посева его внесено мало или не внесено совсем. Ее проводят в фазу «елочки», совмещая с

обработкой растений гербицидами. Доза азота – 20–30 кг/га. Для подкормки можно использовать аммиачную селитру, а также местные удобрения – птичий помет (5–6 ц/га), навозную жижу (6–8 т/га), разбавленную водой.

Для повышения устойчивости растений к бактериальным болезням целесообразно до посева семена обработать микроудобрениями (вместе с протравливанием): борной кислотой (150 г/ц), молибдатом аммония (200 г/ц), сульфатом меди (100–200 г/ц), сернокислым цинком (200 г/ц семян).

Важным условием получения высококачественного волокна является равномерное распределение удобрений по поверхности поля. Некачественное внесение вызывает нарушение соотношения между элементами питания, в результате – неравномерность в росте и развитии растений льна, очаговое поражение бактериальными заболеваниями, полегание, дополнительные потери при уборке и сортировке льна.

Для внесения удобрений лучше использовать туковые сеялки с тарельчатыми высевающими аппаратами: РТТ-4,2А, СТН-2,8, СТШ-2,8.

## 9.6 КАРТОФЕЛЬ

Более 60% всех площадей картофеля в России сосредоточено в Нечерноземной зоне. Картофель является ценной продовольственной, кормовой и технической культурой. Высокое содержание легкоусвояемого крахмала, а также сахаров, органических кислот, минеральных веществ и, особенно, витамина С определяет его высокую пищевую и кормовую ценность. Белок картофеля (туберин) имеет высокую биологическую ценность из-за повышенного содержания в нем аминокислоты лизин.

При выращивании на технические цели нежелательно высокое содержание азотистых веществ в клубнях, так как они затрудняют их переработку и снижают выход крахмала. Для производства спирта картофель должен содержать не менее 16% крахмала и большое количество амилазы. Оптимальное соотношение белка к крахмалу в клубнях – 1:16. При снижении содержания крахмала и сужении отношения белок/крахмал клубни плохо развариваются, приобретают вязкую консистенцию.

На содержание крахмала в клубнях, а также устойчивость растений к заморозкам и болезням положительное влияние оказывают фосфорные и калийные удобрения, особенно бесхлорные. Хлор снижает содержание крахмала в клубнях, повышает активность расщепляющего его фермента амилазы, повышает оводненность клубней. Повышенные дозы азотных и органических удобрений ухудшают качество клубней за счет снижения содержания крахмала, витамина С, повышения содержания нитратов. Преобладание азота над фосфором и калием приводит к снижению устойчивости клубней к механическим повреждениям, ухудшает их сохранность и увеличивает потери при хранении. При недостаточной обеспеченности растений калием отмечается потемнение мякоти клубней в результате увеличения содержания свободной аминокислоты – тирозина.

Картофель является культурой очень требовательной к почвенным условиям. Для него наиболее пригодны структурные, плодородные, водопроницаемые, достаточно прогреваемые почвы легкого или среднего гранулометрического состава.

Он имеет слаборазвитую корневую систему с высокой усваивающей способностью. Масса корней картофеля составляет около 7% от надземной массы. Коэффициент использования фосфора и калия из почвы составляет соответственно 5–6 и 15–20%.

Вынос питательных элементов картофелем больше, чем хлебами, но меньше, чем корнеплодами. Это калиелюбивая и хлорофобная культура. В расчете на 1 т клубней с соответствующим количеством надземной массы в Нечерноземной зоне картофель выносит около 5 кг азота, 1,5 – фосфора и 7 кг калия. Вегетационный период колеблется от 60 до 140 дней. Период активного потребления питательных веществ у картофеля более продолжительный, чем у зерновых.

Запас питательных веществ в материнском клубне обеспечивает питание в первый период роста и развития растений. При появлении всходов наступает критический период питания картофеля в отношении азота и фосфора. Основное количество этих элементов (2/3–3/4 от максимального поглощения) поступает за период бутонизация–цветение. В период клубнеобразования возрастает роль реутилизации питательных веществ. К моменту уборки 80% азота и 90% фосфора и калия от общего их содержания в биомассе сосредоточено в клубнях.

Несмотря на преобладание в выносе калия, картофель часто нуждается в азоте и фосфоре больше, чем в калии. Это объясняется большей усваивающей способностью из почвы и удобрений калия, чем фосфора и азота, а также тем, что большинство почв богаче калием, чем азотом и фосфором. Но на легких почвах потребность в калии выше, чем фосфора, а иногда и азота.

Картофель влаголюбивая культура. На формирование 1 т клубней требуется 65–104 т воды. Наибольшая потребность в воде проявляется в период бутонизации-цветения. Переувлажнение почвы в конце развития растений приводит к так называемому удушью клубней и их загниванию от недостатка кислорода. Оптимальная температура воздуха – 15–20 °С. Повышение температуры до 30 °С и выше тормозит рост картофеля, а при температуре выше 42 °С рост картофеля прекращается, так как на дыхание тратится больше продуктов ассимиляции, чем их накапливается при фотосинтезе.

Картофель хорошо переносит повышенную кислотность почвы. Оптимальным интервалом  $pH_{КС}$  является 5,5–6,0. Если  $pH$  выше 6,0 картофель заболевает паршой. Максимальный сдвиг  $pH$  почвы происходит на 2–3 год после известкования, поэтому для снижения поражения клубней паршой картофель лучше размещать на полях после 3–4 летнего взаимодействия извести с почвой или известь вносить непосредственно под картофель. Так же как и для льна в условиях известкования кислых почв под картофель следует вносить борные удобрения (2 кг/га бора), повышенные дозы калийных, использовать магнийсодержащие известковые материалы, снижать дозы



известии, особенно в условиях недостатка минеральных и органических удобрений (рис. 20).

На известкованной почве соотношение элементов питания в полном удобрении должно быть следующим:  $N:P:K = 1 : (1,3-1,5) : (1,3-1,5)$ , при этом доза азота не должна превышать 135 кг/га.

Отзывчивость картофеля на удобрение – повышенная. При его выращивании может быть использована органическая, минеральная и органо-минеральная система удобрения.

Для получения высоких и устойчивых урожаев картофеля на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах необходимо вносить 50–60 т/га органических удобрений, а на песчаных – 60–80 т/га. При увеличении дозы до 100 т/га урожайность картофеля повышается, но оплата навоза урожаем снижается.

Осеннее внесение органических удобрений под зяблевую вспашку имеет преимущество перед весенним, особенно на суглинистых почвах, так как при проходах техники весной по влажной почве неизбежно ее переуплотнение, задержка сроков полевых работ, что приводит к существенному недобору урожаев. Только на легких песчаных и супесчаных почвах допускается внесение органических удобрений весной.



**Рисунок 20. Факторы, снижающие отрицательное действие извести на лен и картофель**

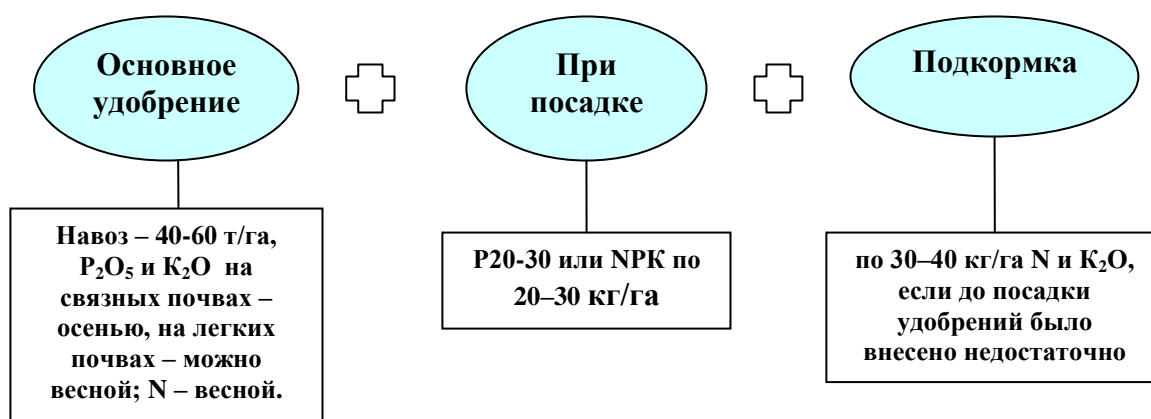
Лучшими органическими удобрениями являются солоmistый навоз и торфонавозные компосты. При использовании бесподстилочного жидкого навоза дозы определяют с учетом содержания в нем азота таким образом, чтобы его доля не превышала 50–80% общей потребности в азоте.

При внесении любых органических удобрений их необходимо равномерно распределять по поверхности поля и заделывать в почву в течение 3–5 часов после разбрасывания.

Эффективность навоза и минеральных удобрений при выращивании картофеля примерно одинакова. На дерново-подзолистых почвах, особенно супесчаных, лучшей системой удобрения картофеля является органо-минеральная (табл.16, рис. 21).

**Таблица 16 – Совместное внесение навоза и минеральных удобрений под картофель (данные ВИУА)**

Вариант	Урожайность клубней, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Без удобрений	191	-	-
Навоз 30 т/га	252	61	32
N60P60K60	259	68	36
Навоз 30 т/га + N60P60K60	322	131	69



**Рисунок 21. Схема применения удобрений под картофель**

При внесении навоза, чаще всего, проявляется потребность в дополнительном внесении азотных удобрений, а на почвах бедных фосфором и калием – и фосфорно-калийных. Фосфорные и калийные, особенно хлорсодержащие, удобрения на связных почвах целесообразнее вносить осенью под зяблевую вспашку. Это снижает напряженность весенних полевых работ и уменьшает опасность отрицательного влияния хлора на качество клубней. Азотные удобрения следует вносить весной под предпосевную культивацию, так как при осеннем внесении существует опасность их вымывания и потерь при денитрификации. Лучший способ внесения минеральных удобрений – локальный.

Из азотных удобрений под картофель лучше использовать аммиачные и амидные формы, из фосфорных – гранулированный суперфосфат. Из калийных удобрений преимущество имеют бесхлорные (сульфат калия, калимагнезия, зола), а из хлорсодержащих – хлористый калий, который рекомендуется вносить осенью.

При посадке картофеля в рядки вносят гранулированный суперфосфат, аммофос или другие комплексные удобрения. На легких почвах и почвах с низким содержанием подвижного калия при посадке лучше вносить азотно-фосфорно-калийное комплексное удобрение (нитрофоску, нитроаммофоску, азофоску), а при их отсутствии – смесь простых. Доза рядкового удобрения – по 20 – 30 кг/га азота, фосфора и калия.

Подкормку картофеля чаще всего не проводят, так как перенесение части минеральных удобрений из основного удобрения в подкормку снижает их действие. Ее проводят только тогда, когда до посадки было внесено недостаточное количество удобрений или их не вносили совсем. В таком случае подкормку проводят при появлении полных всходов во время междурядной обработки азотными и калийными удобрениями по 30–40 кг/га N и K<sub>2</sub>O.

Соотношение N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O при удобрении картофеля должно быть 1:1,6:1,3.

Существенное повышение на дерново-подзолистых почвах урожайности картофеля, имеющего потенциал продуктивности у современных сортов 50–70 т/га, можно обеспечить при применении прогрессивных технологий его возделывания. Для этого, прежде всего, подбираются плодородные почвы, имеющие A<sub>пах</sub> не менее 20–25 см, содержащие не менее 2% гумуса, 250–300 мг/кг почвы подвижных форм фосфора и 200–250 мг/кг – калия (суглинистые) и 1,5%, 160–250 и 180–240 мг/кг, соответственно, (супесчаные и песчаные). На этих почвах без применения удобрений можно получить до 30–32 т/га картофеля.

На среднеобеспеченных подвижными формами питательных веществ дерново-подзолистых почвах осенью под вспашку вносят 40 т/га навоза или торфонавозных компостов, 70 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 100 кг/га K<sub>2</sub>O. Весной под перепахку или дискование – 70–90 кг/га азота. При посадке клубней – по 20–30 кг/га азота, фосфора и калия в виде нитрофоски или нитроаммофоски.

Для полной реализации возможностей удобрений с точки зрения повышения продуктивности картофеля важно соблюдение общей культуры земледелия, особенно при выращивании высокопродуктивных сортов. Густота посадки картофеля должна быть не менее 50–55 тыс. растений на 1 га. Необходима борьба с сорняками, болезнями и вредителями картофеля, использование орошения в период цветения и клубнеобразования, когда картофель требует большого количества не только питательных веществ, но и влаги, междурядное рыхление почвы, своевременная посадка и качественная уборка урожая и др.

Опоздание с посадкой на 10–12 дней полностью снимает эффективность 30–40 т/га навоза.

Получение высокой урожайности клубней картофеля хорошего качества невозможно без использования микроудобрений. На пойменных и торфяных

почвах растения могут испытывать недостаток меди, можно использовать некорневые подкормки раствором сульфата меди (0,1–0,5 г на 1 л воды) по всходам и при бутонизации картофеля. На дерново-глеевых, дерново-карбонатных почвах, а также при известковании проявляется высокое действие борного суперфосфата (1 ц/га).

При планировании урожая картофеля 30 т/га и более на всех почвах посадки картофеля опрыскивают через три недели после всходов раствором макро- и микроэлементов. При этом на 1 га используют 400 л воды, в которой растворяют 6 кг мочевины, 3 кг сернокислого калия, 4 кг сульфата магния, и по 50 г молибдата аммония, сернокислого цинка, медного купороса и сернокислого окисного железа.

## 9.7 КУКУРУЗА

Кукуруза – ценная зерновая и кормовая культура. Ее используют в пищевой (мука, крупа, кукурузные хлопья, палочки, воздушная кукуруза, кукурузное масло, богатое витамином Е, и др.), крахмалопаточной, пивоваренной, спиртовой промышленности. Зерно – концентрированный корм и сырье для комбикормовой промышленности, зеленая масса, кукурузный силос и измельченные консервированные початки (вместе с зерном) в молочно-восковой спелости – ценные корма. Из кукурузных стеблей, стержней початков, их оберток вырабатывают бумагу, линолеум, вискозу, изоляционные материалы, киноленту и др. Рыльца пестиков применяются в медицине.

В Нечерноземной зоне кукурузу выращивают, в основном, как силосную культуру, так как она обладает огромным потенциалом для создания рекордных урожаев.

Кукуруза очень требовательна к почвенному плодородию. Под ее посевы отводят участки с наиболее плодородными почвами и хорошие предшественники. Высокую урожайность зеленой массы кукурузы (50–60 т/га) получают в Нечерноземной зоне на почвах, богатых азотом с хорошими физическими свойствами, рыхлых, проницаемых для воды и воздуха, окультуренных и хорошо удобренных. Кукуруза хорошо растет на песчаных и супесчаных быстро прогреваемых почвах, заправленных навозом или зеленым удобрением, а также на пойменных и залежных землях; плохо растет на тяжелых, сильно заплывающих почвах с близким уровнем грунтовых вод, кислых почвах. Оптимальный уровень рН для кукурузы 6–7,5, содержания подвижных форм фосфора и калия – не менее 100–150 мг/кг почвы. Колебания урожайности на одном и том же поле при разном уровне применения удобрений огромны – от 8 до 50 т/га.

Кукуруза имеет мощную корневую систему, способную извлекать питательные элементы из большого объема почвы. С урожаем зеленой массы 50–70 т/га она выносит 150–180 кг азота, 50–60 – фосфора и 150–200 кг калия.

Поглощение питательных элементов продолжается до наступления восковой спелости зерна, но наиболее интенсивно – в период быстрого роста за сравнительно короткий промежуток времени – от выметывания метелки до

цветения. К фазе цветения растения содержат уже 60% азота и фосфора и 80% калия от максимального содержания.

Использование удобрений под кукурузу – важнейший элемент технологии возделывания. Ее необходимо обеспечить бесперебойным снабжением питанием на протяжении всего вегетационного периода. Наиболее полно этому требованию отвечает сочетание применения органических (30–40 т/га на суглинистых, 40–60 т/га на супесчаных почвах) и минеральных удобрений.

Дозы минеральных удобрений планируют исходя из выноса питательных элементов урожаем, количества подвижных форм элементов питания в почве, и степени их использования из почвы и удобрений, а также количества и усвоения питательных элементов из органических удобрений. При выращивании кукурузы без органических удобрений дозы минеральных, как правило, удваивают. Возделывание кукурузы после бобовых снижает потребность растений в азоте и усиливает в калии.

В связи с тем, что для кукурузы оптимальный pH близок к нейтральному уровню, на кислых почвах необходимо сочетание применения органических и минеральных удобрений с известкованием (табл. 17).

**Таблица 17 – Урожайность кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве (по данным БЕЛНИИЗ)**

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га
Контроль без удобрений	7,7	-
20 т/га навоза	27,3	19,6
20 т/га навоза + 4 т/га извести	38,7	31,0
20 т/га навоза + 4 т/га извести + NPK	50,8	43,1

Система удобрения кукурузы может строиться по трехзвенной схеме: основное, рядковое удобрение и подкормка (рис. 22).

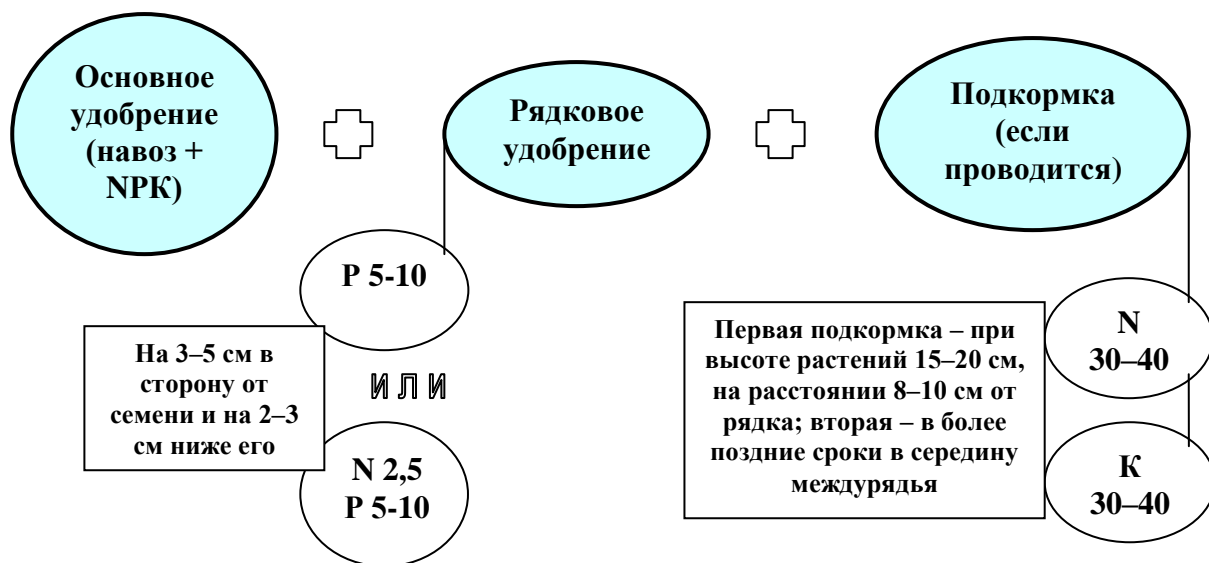
Необходимо дифференцированно подходить к срокам и способам внесения минеральных и органических удобрений.

Органические удобрения лучше вносить осенью, так как весеннее внесение приводит к уплотнению почвы, запаздыванию со сроками сева, повышению засоренности посевов. Лишь на почвах легкого гранулометрического состава в Нечерноземной зоне органические удобрения можно вносить весной.

Вслед за разбрасыванием по полю, особенно в солнечные погожие дни, навоз необходимо сразу запахать, в противном случае потери аммиачного азота из него могут достичь 30%.

Фосфорные и калийные удобрения следует запахивать осенью под зяблевую вспашку; при мелкой заделке весной эффективность их резко снижается. На песчаных и супесчаных почвах удобрения следует вносить весной под культивацию, так как на этих почвах возможны существенные потери питательных элементов за счет вымывания (в условиях достаточного увлажнения). Азотные удобрения вносят весной до посева. Эффективность

основного минерального удобрения заметно повышается при локальном способе внесения по сравнению с разбросным. Ленточное внесение удобрений обеспечивает более рациональное и экономное их расходование.



**Рисунок 22. Схема распределения удобрений под кукурузу**

Кукуруза очень медленно растет в первый месяц после всходов и поглощает ограниченное количество элементов питания. Однако недостаток доступных форм питательных элементов, особенно фосфора, отрицательно сказывается на дальнейшем развитии растений, снижает использование элементов питания из основного удобрения. Недостаток фосфора вызывает неравномерность появления рылец у кукурузы, приводит к неравномерному цветению, оплодотворению, вследствие этого к искривлению початков со сформированными неровными рядами зерен и засыханию верхушки.

Поэтому, при посеве кукурузы необходимо внесение в рядки 5–10 кг/га фосфора в виде суперфосфата или аммофоса. Прибавка урожая от внесения 10 кг/га  $P_2O_5$  составляет 3 т/га зеленой массы кукурузы. Рядковое удобрение следует вносить глубже семян и в сторону от них на 3–5 см, так как кукуруза в начале развития чувствительна к высокой концентрации почвенного раствора.

При недостаточной заправке почвы основным удобрением, а также в годы с холодной весной, на легких почвах и при орошении кукуруза хорошо отзывается на подкормки. Особенно эффективна подкормка азотом в дозе 40 кг/га в фазе 3–5 листьев. При слабом развитии растений через 2–3 недели проводят вторую подкормку в дозе 20–30 кг/га азота.

Подкормку фосфорными и калийными удобрениями проводят тогда, когда до посева удобрения не были внесены или их было внесено недостаточно и почвы слабо обеспечены подвижными фосфатами и калием. Дозы подкормки – по 20–30 кг/га  $P_2O_5$  и  $K_2O$ . Можно использовать навозную жижу (3–5 т/га), птичий помет (0,5–0,6 т/га) а также золу (0,3–0,4 т/га). Подкормки проводят культиваторами-растениепитателями, помещая удобрения во влажный слой почвы и строго следя, чтобы не подрезать корневую систему.

Под кукурузу могут быть использованы любые формы минеральных удобрений, но, учитывая высокую чувствительность кукурузы к концентрации солей в почве, предпочтение следует отдавать высококонцентрированным формам, с которыми в почву меньше попадает сопутствующих солей. Из фосфорных удобрений лучшим является двойной суперфосфат; из азотных – аммиачная селитра, сульфат аммония. Жидкие азотные удобрения в большинстве случаев дают близкие результаты, но при возделывании кукурузы на постоянных участках лучшей формой азотного удобрения являются аммиачная вода и безводный аммиак. Затраты средств и труда на внесение аммиака значительно ниже, чем при использовании твердых удобрений. Его применение способствует уничтожению до 50% вредных организмов, в частности, проволочника. Губительное воздействие продолжается от нескольких часов до 1,5 суток. Микрофлора почвы после этого быстро восстанавливается из-за обилия в пахотном слое легкоусвояемого азота. Сразу после внесения аммиачная вода и безводный аммиак сдвигают реакцию почвы в сторону нейтрального интервала, способствуя лучшему росту и развитию молодых растений кукурузы, которые в раннем возрасте плохо переносят кислую среду.

Из калийных удобрений преимущество имеет хлористый калий, который рекомендуется вносить осенью.

Кукуруза хорошо отзывается на внесение микроудобрений, содержащих бор, медь, марганец, цинк и др. Высокая их эффективность проявляется только на фоне азотных, фосфорных и калийных удобрений.

На дерново-подзолистых почвах кукуруза хорошо реагирует на внесение цинковых удобрений. Почвенный цинк при известковании и внесении большого количества фосфорных удобрений переходит в труднодоступное состояние, а при выращивании кукурузы на постоянных участках (выводных полях) выносится из почвы с высокими урожаями. При недостатке цинка у кукурузы отмечается побеление, или хлороз, верхних листьев, задерживается деление клеток, рост растений, появляется карликовость.

В качестве цинковых удобрений используют сернокислый цинк и различные отходы промышленности (ПМУ-7, силикатный цинк, шлаки медеплавильных заводов), а также аммофос с цинком.

Сульфат цинка используют для некорневой подкормки и предпосевной обработки семян, аммофос – для основного и рядкового удобрения, отходы промышленности – в качестве основного удобрения.

При содержании подвижных соединений бора в легких почвах менее 0,2, а в суглинистых – менее 0,3 мг/кг почвы растения кукурузы нуждаются во внесении борных удобрений. По данным многочисленных опытов, проведенных на различных почвах с низким содержанием бора, установлено значительное повышение урожайности кукурузы (на 4–8 т/га) и улучшение кормовых достоинств ее зеленой массы при внесении борных удобрений. Их применяют при предпосевной обработке семян и некорневой подкормке в фазе выметывания метелок (борная кислота), в почву весной до посева кукурузы

(бормагниевое удобрение, борный суперфосфат), в рядки при посеве (борный суперфосфат).

Вреден не только недостаток, но и избыток бора в почве. Содержание его более 30 мг/кг почвы является причиной тяжелых заболеваний не только растений, но и животных. Признаки токсичности бора проявляются на растениях в виде краевого некроза, пожелтения и отмирания нижних листьев.

В земледелии Нечерноземной зоны важным вопросом является доведение кукурузы при выращивании до состояния восковой и полной спелости. Основная причина отсутствия этого – нехватка суммы активных температур. В 60–80-х годах XX столетия эту проблему решали с помощью гидрофобизации семян (покрытия их водоотталкивающей пленкой), что позволяло посев кукурузы проводить в конце апреля с получением полноценных початков. В настоящее время этот прием не используется.

## 9.8 КОРМОВЫЕ КОРНЕПЛОДЫ

Кормовые корнеплоды (кормовая свекла, кормовая морковь, брюква, турнепс) лучше удаются на богатых органическим веществом почвах с глубоким пахотным слоем. Это холодостойкие культуры. Наиболее требовательна к плодородию почвы кормовая свекла и морковь, менее требовательны брюква и турнепс.

Кормовая свекла и морковь лучше удаются на известкованных почвах, имеющих  $pH_{KCl}$  6,7–7,2. Брюква и турнепс переносят слабокислые почвы и хорошо растут при  $pH_{KCl}$  5,5–6,5.

Кормовые корнеплоды имеют слаборазвитую корневую систему, но выносят из почвы много питательных элементов. Это калиелюбивые культуры. Так, кормовая свекла выносит калия почти в 2 раза больше, чем азота, и в 7 раз – чем фосфора.

Потребление питательных элементов у корнеплодов в течение вегетационного периода неравномерное. В период формирования надземной массы ощущается наибольшая потребность в азоте. Фосфор поглощается равномерно на протяжении всей вегетации, а калий активно усваивается во второй ее половине, когда идет формирование корнеплода. При таком длительном периоде активного поглощения питательных элементов эффективны поздние подкормки.

Наиболее рациональная система удобрения корнеплодов – органо-минеральная (рис. 23). В расчете на 1 т навоза кормовая свекла дополнительно дает 200 кг корней, а на 1 кг NPK – 65 кг. Наиболее отзывчив на минеральные удобрения турнепс, так как у него вегетационный период короче.

Под корнеплоды можно вносить любые формы азотных и фосфорных удобрений. Среди калийных удобрений лучшей из-за содержания натрия является 40%-ная калийная соль.

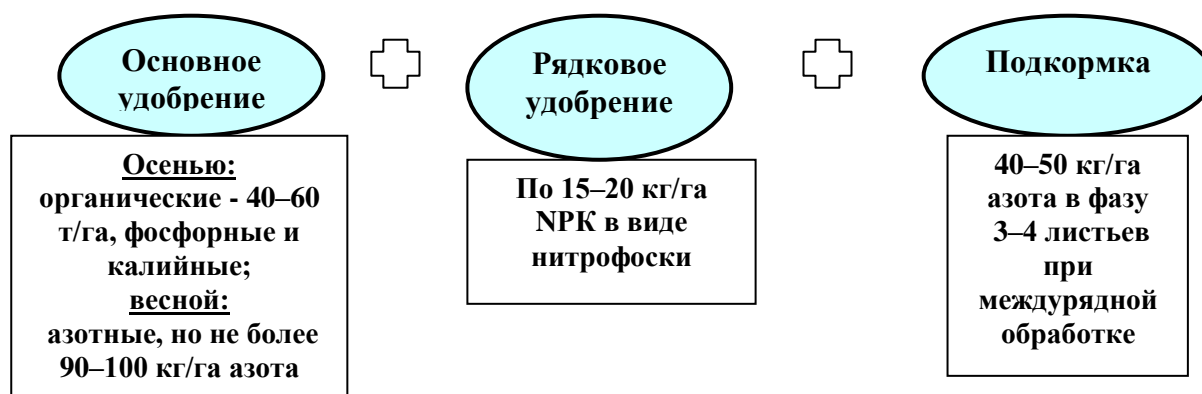
Кормовая свекла способна в больших количествах накапливать в корнеплодах нитратный азот, в связи с этим, под нее рекомендуется вносить не



более 160 кг/га азота, распределяя его на основное удобрение и подкормку. Можно азот вносить и при посеве в составе комплексных удобрений.

На известкованных и нейтральных почвах кормовая свекла нуждается в боре, при недостатке которого появляется заболевание корнеплода гнилью сердечка и дуплистостью. Бор вносят в дозе 0,5–0,8 кг/га в почву или при некорневой подкормке в фазе 3–4 листьев – 200 г/га раствора борной кислоты растворенной в 300 – 400 л/га воды (расход на 1 га).

Под урожайность брюквы и турнепса 35–40 т/га рекомендуется вносить 40–60 т/га органических удобрений, а также минеральные: N80–90, P50–60, K80–90.



**Рисунок 23. Схема распределения удобрений под кормовую свеклу**

## 9.9 ОДНОЛЕТНИЕ И МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ

**Однолетние травы.** Среди однолетних трав наиболее распространены горох посевной и полевой, вика яровая и озимая, люпин желтый, овес, райграс однолетний, подсолнечник, рапс, редька масличная, сурепица. Их выращивают как самостоятельные посевы или в смесях. Широко распространены горохоовсяные и викоовсяные смеси. Они дают хорошие урожаи в год посева, обладают высокой питательной ценностью, их можно высевать несколько раз и получать зеленую массу в течение всего периода вегетации. В районах, где рано убирают основную культуру, поукосные и пожнивные посевы горохо- и викоовсяных смесей дают по 12–15 т/га зеленой массы, а тройные смеси с подсолнечником и райграсом однолетним – до 20 т/га.

Однолетние травы отзывчивы на органические удобрения, внесенные под предшествующую культуру. На бедных питательными элементами почвах органические удобрения можно вносить непосредственно под однолетние травы (30–40 т/га).

Зернобобовые культуры отзывчивы на фосфорно-калийное удобрение. Для получения 30 т/га зеленой массы применяют 40–60 кг/га  $P_2O_5$  и 80–100 кг/га  $K_2O$ , осенью под зяблевую вспашку почвы. Эти удобрения повышают

жизнедеятельность клубеньковых бактерий и, тем самым, способствуют лучшему усвоению азота из воздуха.

Азотные удобрения применяют только на слабоокультуренных почвах весной во время предпосевной обработки почвы (20–30 кг/га азота).

При посеве в рядки вносят 10–15 кг/га  $P_2O_5$  в виде суперфосфата.

На дерново-подзолистых, особенно кислых, почвах значительно повышает урожайность однолетних бобовых трав предпосевная обработка семян молибдатом аммония (25–50 г/ц семян).

На бедных бором почвах в предпосевную обработку следует внести 50 – 60 кг/га бормагниевого удобрения или при посеве – 0,5–0,7 ц/га борного суперфосфата.

Под культуры семейства капустных и райграс однолетний в среднем 1 га вносят на 80–100 кг азота, 60–80 – фосфора и 90–120 кг калия.

К однолетним травам нередко подсевают многолетние.

**Многолетние травы** (бобовые в чистом виде или в смеси со злаковыми травами) возделываются в полевых и кормовых севооборотах, а также на лугах и пастбищах. По сравнению с другими кормовыми культурами они наиболее экономичны вследствие многолетнего многоукосного использования, высокой питательности корма и возможности полной механизации возделывания и уборки. В Нечерноземной зоне можно получать по 8–10 т/га сена многолетних трав. Их высевают преимущественно под покров яровых или озимых зерновых культур, а также однолетних трав.

Из многолетних трав первостепенное значение имеют клевер луговой и розовый, люцерна, донник, а из злаковых – тимофеевка луговая, овсяница луговая, ежа сборная.

Благодаря клубеньковым бактериям, многолетние бобовые травы около 2/3 потребляемого азота способны усваивать из воздуха. Вместе с тем, они более требовательны к плодородию почвы, чем злаковые. С урожаями 5–7 т/га сена клевер выносит из почвы 30–65 кг фосфора, 70–120 – калия, 120–170 – кальция, 36–52 кг магния. Злаковые травы потребляют значительно больше азота и калия из почвы, чем бобовые, и более устойчивы к кислотности почвы.

Клевер не выдерживает кислую реакцию среды. При  $pH_{KCl}$  ниже 5 и содержании подвижных форм марганца и алюминия более 2 мг/100 г почвы он плохо растет, изреживается при перезимовках, урожай семян и сена снижается. Об эффективности известкования можно судить по следующим данным Смоленской государственной областной опытной станции и Белорусского НИИ земледелия (табл. 18).

При посевах клеверо-злаковых травосмесей известкование и применение фосфорно-калийных удобрений повышают не только урожайность, но и сохранность в них клевера (табл. 19).

Корневая система клевера обладает способностью усваивать фосфор из труднорастворимых соединений, которая с возрастом повышается. Клевер хорошо реагирует на внесение магниевых удобрений на легких песчаных и супесчаных почвах, медных – на торфяных, молибдена – на многих дерново-подзолистых почвах.

**Таблица 18 – Эффективность известкования почв при выращивании клевера**

Вариант	Урожайность ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
Смоленская областная сельскохозяйственная опытная станция			
Контроль	89,0	-	-
Известь, 1,5 Нг	125,7	36,7	41
Белорусский НИИ земледелия			
Контроль	50,9	-	-
Известь, 1,5 Нг	114,5	63,6	125

Азотные удобрения под клевер не вносят. Исключение составляют клеверозлаковые смеси с небольшим участием клевера. В этом случае азотные удобрения, наряду с фосфорными и калийными, имеют решающее значение в повышении урожайности трав.

**Таблица 19 – Влияние извести на урожай сена многолетних трав и содержание в нем клевера**

Показатель	Контроль	Прибавка урожая сена, ц/га		
		РК	известь	РК + известь
Урожай сена, ц/га	18,6	15,0	29,5	35,9
Доля клевера в сене, %	25,6	26,0	62,7	80,8

При покровном возделывании многолетних трав основное удобрение для трав вносят под покровную культуру (50–60 кг/га фосфора и 60–80 – калия) вместе с предназначенной для нее дозой удобрений (в запас), при ее посеве – суперфосфат (10–15 кг/га  $P_2O_5$ ), затем проводят подкормки трав в первый и второй годы пользования ими. Клевер хорошо отзывается на внесение навоза, компостов (до 20 т/га) под покровную культуру (или 40–60 т/га – под ее предшественник).

После уборки покровной культуры травы быстро отрастают и чувствительны к недостатку в почве фосфора и калия, особенно клевер, так как его корневая система в это время слабо усваивает фосфор из труднорастворимых соединений. Если удобрения под покровную культуру не применяли или их было внесено недостаточно, то после ее уборки травы необходимо подкормить фосфором и калием. Подкормки наиболее целесообразны в ранние сроки жизни многолетних трав. Своевременное поверхностное внесение фосфорно-калийных удобрений укрепляет вышедшие из-под покрова ослабленные растения клевера, повышает их зимостойкость и урожайность в последующие годы. На дерново-подзолистых почвах в это время

вносят 30 кг/га фосфора и 50–60 – калия (под семенники – по 50–60 кг/га фосфора и калия).

Лучшее фосфорное удобрение для поверхностного внесения – суперфосфат, а для основного под покровную культуру – фосфоритная мука. Из калийных удобрений – сульфат калия, калимагнезия, хлористый калий.

Следует учитывать, что доля клевера в травостое на второй год пользования травами резко снижается (до 30–40%), поэтому возрастает потребность в азотных удобрениях. Подкормки азотом проводят рано весной и после укосов (40–60 кг/га). Азот играет важную роль в повышении урожаев и качества злаковых трав.

Из микроэлементов для клевера важен бор и молибден. В качестве молибденового удобрения используют молибденизированный суперфосфат или молибдат аммония. Последний применяют для некорневой подкормки растений (50–100 г/га) или при предпосевной обработке семян (20–50 г на гектарную норму семян). Из борных удобрений для предпосевной обработки семян используют борную кислоту (200–300 г/ц семян). Обработку микроэлементами совмещают с обработкой ризоторфином.

При выращивании злаковых трав органические удобрения (30–40 т/га) вносят под покровную культуру или предшественник, фосфор и калий – в запас под покровную культуру или, если их не внесли, – в подкормку осенью или рано весной вместе с азотом (N50–70 P40–50 K50–60). Под второй укос многолетних трав вносят только азот (40–50 кг/га).

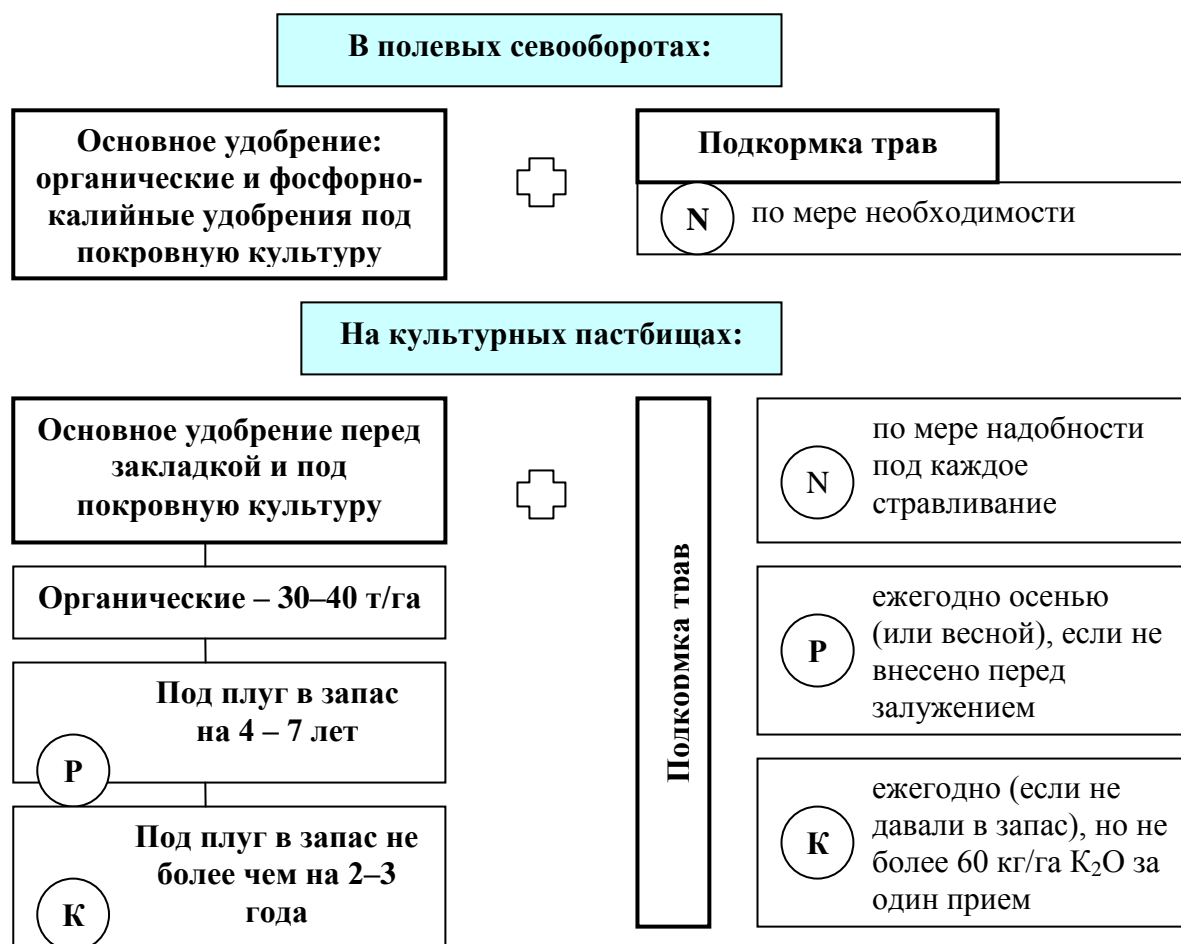
Схема распределения удобрений при выращивании многолетних трав в полевых севооборотах приведена на рисунке 24.

При удобрении многолетних трав, выращиваемых на лугах и пастбищах, необходимо учитывать соотношение бобовых и злаковых трав в травостое, способ использования кормового угодья, плодородие почвы, условия увлажнения.

Например, на лугах и пастбищах со злаковым травостоем решающим фактором роста урожая являются азотные удобрения, в то время как они отрицательно влияют на устойчивость бобовых в бобово-злаковых травостоях. Для травосмесей с бобовыми эффективнее фосфорные и калийные удобрения, особенно на торфяно-болотных почвах. Внесение азотных удобрений способствует увеличению доли злаковых в травостое и снижению доли бобового компонента, а фосфорные и калийные удобрения, наоборот, увеличивают долю бобовых в травостое.

В сене злаковых трав содержание протеина напрямую зависит от доз азота. В травосмесях, на 40–60% состоящих из бобовых трав, эта зависимость не отмечается, и на содержание сырого протеина в сене больше влияют фосфорные и калийные удобрения.

При пастбищном и сенокосном использовании кормовых угодий вынос питательных элементов травами существенно различается. По данным ВНИИ кормов при сенокосном использовании угодья вынос азота урожаем 36 ц/га составил 49,6 кг, а при пастбищном – 91,5 кг.



**Рисунок 24. Схема распределения удобрений под многолетние травы**

Действие удобрений зависит от типа сенокоса (пастбища) и плодородия почвы. Например, более высокое действие фосфорных удобрений отмечается на низинных лугах и лугах, расположенных на торфяных почвах, а низкое – на суходольных и заливных лугах. На сеяных лугах и пастбищах действие удобрений выше, чем на природных. Но если травостой естественных кормовых угодий не засорен, особенно на заливных лугах, систематическое удобрение резко повышает урожайность трав.

Дозы минеральных удобрений могут изменяться в широких пределах.

На лугах с минеральными почвами удобрения вносят из расчета по 30–40 кг/га азота, фосфора и калия. Луга на осушенных торфяниках, а также бобово-злаковые травосмеси нуждаются в более высоких дозах питательных элементов – до 60–120 кг/га.

*На пойменных (заливных) природных сенокосах* Нечерноземной зоны, со злаковым и злаково-разнотравным травостоем рекомендуется ежегодно вносить 45–90 кг/га азота и по 30–60 кг/га фосфора и калия. При этом урожайность сена при двухукосном использовании луга может быть 40–70 ц/га. При многоукосном использовании трав дозы азота увеличивают до 120 кг/га, калия

– до 90. Добавляют и 30–45 кг/га фосфора. Урожаи при этом повышаются до 80–90 ц/га.

*На суходольных природных сенокосах* со злаковым и разнотравно-злаковым травостоем на дерново-подзолистых почвах дозы азота 45–60 кг/га, фосфора 30–45, калия 30–60 кг/га обеспечивают в среднем урожайность сена 35–40 ц/га.

*На низинных сенокосах* с преобладанием злаково-разнотравного травостоя на дерново-подзолистых почвах под урожай 40–50 ц/га требуется ежегодно вносить N60–90 P45–60 K60–90.

Сроки внесения удобрений на сенокосах: фосфорные и калийные на сенокосах вносят осенью, весной или после первого укоса; азотные удобрения при одноукосном использовании – весной, а при двухукосном – в два приема: 60–70% весной под первый укос, остальные 30–40% – после скашивания под второй укос. Первая подкормка повышает величину урожая, но мало меняет содержание азотистых веществ в сене, вторая – действует противоположно.

*На природных пастбищах* (суходольных) при поверхностном улучшении рекомендуемые дозы удобрений N90–120 P45–60 K60–120 приводят к возрастанию их продуктивности с 40–50 до 150–200 ц/га. Если доля многолетних трав в травостое на природных пастбищах достигает 30%, то дозу фосфора целесообразно увеличить до 75–90 кг/га, калия – до 90–120 кг/га, а азота – уменьшить до 45–60 кг/га.

Дозы азота 30–50 кг/га вносят в один прием – после первого стравливания; 60–120 кг/га – в несколько приемов (по 30–50 кг/га): весной и после очередного стравливания.

*Культурные пастбища.* Лабораторией азотных удобрений ВИУА установлено, что оптимальная доза азотных удобрений на пойменных культурных пастбищах при интенсивном их использовании – N60 под цикл (300 кг/га в сезон при пяти стравливаниях). Это количество обеспечивает получение 7–12 тыс. кормовых единиц с 1 га. Более высокие дозы – нецелесообразны.

Для подкормки культурных пастбищ с бобово-злаковым травостоем без орошения используют N30–40 P30–45 K60–90, при орошении – N40–45 P45–60 K60–120. При злаковом травостое дозы удобрений возрастают: без орошения – N180–200 P45–60 K90–120, при орошении – N240–300 P60–90 K120–180.

Фосфорные и калийные удобрения при пастбищном использовании кормового угодья вносят так же, как и при сенокосном – в один прием – весной, летом или осенью. Повышенные дозы калийных удобрений (80–120 кг/га K<sub>2</sub>O) целесообразно вносить дробно вместе с азотными. Это позволяет избежать слишком высокого содержания калия в травах, которое ведет к неблагоприятному соотношению в пастбищном корме одновалентных и двухвалентных катионов.

Самым радикальным способом повышения продуктивности сенокосов и пастбищ – их *коренное улучшение*, которое связано с проведением культуртехнических работ, вспашки, известкования, если почвы кислые, внесением в запас высоких доз органических и минеральных (фосфорных и калийных) удобрений, внесением азотных удобрений под покровную для трав

культуру, проведением подкормок трав. Схема внесения удобрений при создании культурных сенокосов и пастбищ приведена на рисунке 27.

Луговые травы лучше всего растут при  $pH_{KCl}$  5,5–7, поэтому кислые почвы необходимо известковать. При  $pH_{KCl}$  4–4,5 культурные виды трав вытесняются дикими злаками (щучкой дернистой, полевицей обыкновенной и др.). Это приводит к необходимости перепашки луга и повторного залужения.

Известкование способствует развитию бобового компонента, вытесняющему разнотравье, которое приспособлено к кислой почве и не выдерживает конкуренции с бобовыми травами. Доза  $CaCO_3$  на минеральных почвах в зависимости от  $pH_{KCl}$  и гранулометрического состава колеблется от 2,5 до 9 т/га, на торфяных – от 5 до 13 т/га. Лучше использовать магнийсодержащий известковый материал (например, доломитовую муку).

При коренном улучшении вносят от 20 до 40–60 т/га навоза или компостов, фосфорные и калийные удобрения (фосфоритную муку в запас на 4–7 лет и калийные – на 2–3 года). Рано весной и после каждого стравливания проводят подкормки азотом. По данным ВИУА наиболее эффективно использование в подкормках аммиачной селитры. Если перед залужением фосфорно-калийные удобрения не были внесены в запас, то проводят подкормки и этими удобрениями. Лучшей формой фосфорного удобрения при подкормках является суперфосфат, калийного – любое. Можно использовать комплексные удобрения – нитрофоску, нитроаммофоску, азофоску.

## 9.10 ОВОЩНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Овощные культуры для человека являются незаменимым источником витаминов и минеральных соединений. При оценке качества овощных культур обращают внимание на их товарные свойства (форму, цвет, плотность, вкус, товарность), а также на биохимические показатели (содержание витаминов, сухих веществ, сахаров, минеральных солей, микроэлементов, азотистых соединений и др.). Немаловажное значение имеет способность к продолжительному хранению и устойчивость к различным заболеваниям.

Минеральные и органические удобрения оказывают значительное влияние на качество овощной продукции. Например, повышенные дозы азотных удобрений, особенно при недостатке фосфорно-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, улучшают 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 для них соотношение  $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1,7$ .

Овощные культуры очень требовательны к почвенному плодородию и дают хорошие урожаи на окультуренных дерново-подзолистых, серых лесных, пойменных и торфяных почвах низинного типа. Для них используется своя

группировка почв по обеспеченности доступными формами элементов питания (табл. 20) и применяются более высокие дозы удобрений.

Таблица 20 – Группировка дерново-подзолистых почв по содержанию подвижных форм питательных элементов в слое 0–25 см для овощных культур, мг/кг почвы

Класс почвы	Степень обеспеченности	Нитрификационная способность (N–NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			по Кирсанову, мг/кг	
1	Низкая	< 15	< 80	< 80
2	Средняя	16–30	81–150	81–120
3	Повышенная	31–60	150–200	121–170
4	Высокая	> 60	201–300	171–250
5	Очень высокая	-	> 300	> 250

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. На торфяных почвах повышенная концентрация солей не так вредна, так как эти почвы имеют высокую емкость поглощения и буферную способность. Свекла, 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 алюминия и марганца. Обычно оптимум pH 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, поэтому на торфяных почвах, содержащих незначительное количество этих соединений, удается даже при pH<sub>KCl</sub> 4,5.

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 фосфорно-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 культиватором-растениепитателем. При первой подкормке удобрения вносят на расстояние 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 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 6 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 на дерново-подзолистых почвах 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 ( $N:P_2O_5:K_2O$ ) 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 небольшое 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.

Морковь отрицательно реагирует на высокие концентрации почвенного раствора. Предельная доза азота под морковь 90 кг/га (на торфяниках – 30–40 кг), столовую свеклу – 90 кг/га (на торфяниках – 40–70 кг). 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 дерново-подзолистых почвах со средней обеспеченностью подвижными формами питательных элементов под морковь вносят  $P_{45-60} K_{60-90}$  осенью под вспашку,  $N_{45-60}$  – весной под культивацию,  $N_{10}P_{10}K_{10}$  – в рядки при посеве; под столовую свеклу – соответственно:  $P_{60-80} K_{120-140}$ ,  $N_{90}$  и  $N_{10}P_{10}K_{10}$ . 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 ( $pH_{KCl}$  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 4,4–4,5 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) и фосфорно-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%-ным 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  $pH_{КСИ}$  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.

При выращивании томатов 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 фосфорно-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 томата складывается из основного удобрения, припосевного (при выращивании рассады) и подкормок. 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, особенно 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 окультуренных супесчаных и легкосуглинистых почвах, на низинных торфяниках. 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 несколько раз, 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. При внесении непосредственно под лук органические удобрения, особенно свежий навоз, вызывают сильный рост пера, задерживают вызревание луковиц, такой лук плохо хранится.

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. Например, при выращивании лука 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 следует проводить в первой половине лета (иначе не вызревают луковицы): спустя месяц после посадки севком и 2–2,5 месяца после посева семян (20 кг/га азота и 30 кг/га калия).

## 10 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

История развития отечественного и мирового земледелия показывает совершенствование научной базы для адаптации систем земледелия к конкретным условиям землепользования. При их проектировании давно используются материалы почвенного, агрохимического и гидромелиоративного обследования.

Главным недостатком этих документов является усредненный характер информации для значительных по площади земельных контуров. В применении к плодородию почвы именно на эти показатели ориентированы дозы применяемых удобрений. Вместе с тем в пределах этих контуров на отдельных участках могут быть существенные отклонения от средних значений тех или иных показателей плодородия. Если учесть эту пестроту, то эффективность удобрений может быть существенно повышена.

**Точное (прецизионное, координатное) земледелие** - это управление продуктивностью посевов с учётом внутриверхней вариативности среды обитания растений. Выполнение этой задачи связано с освоением комплекса информационных технологий и использованием информационно-управляющих систем (рис. 25). Такую возможность обеспечивает создание глобальных информационных систем позиционирования: американской GPS и российской ГЛОНАСС.

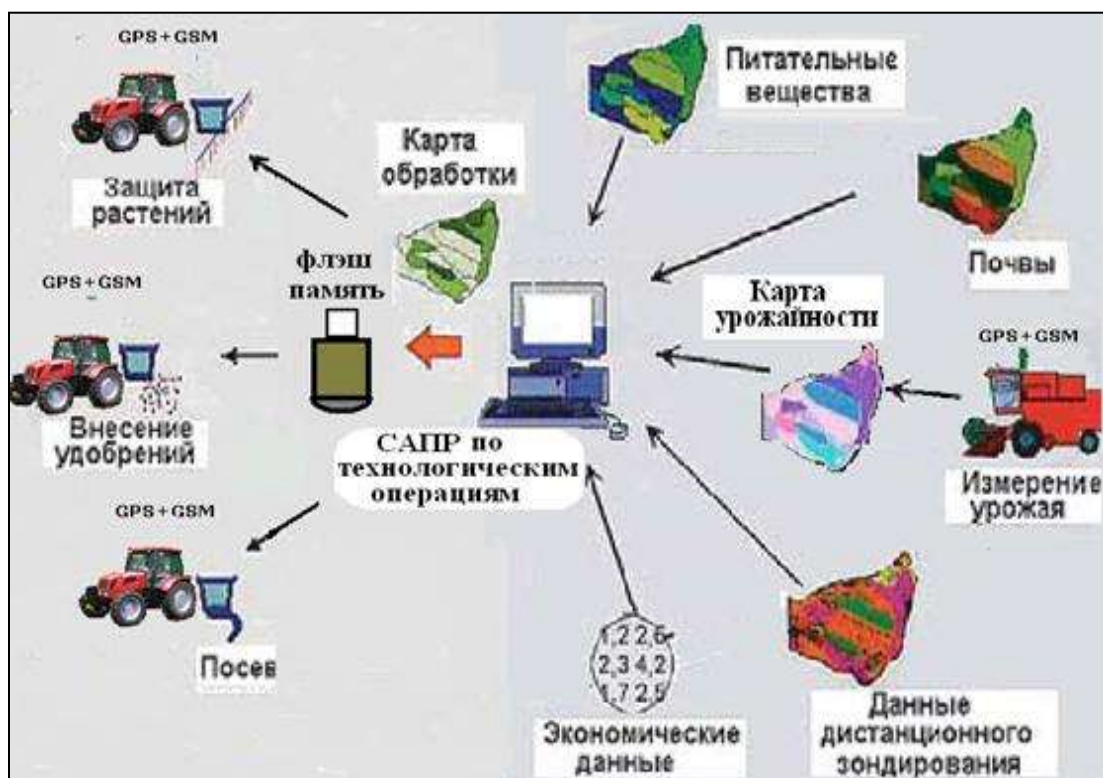


Рисунок 25. Информационная база точного земледелия

Важным звеном точного земледелия является комплекс специализированной сельскохозяйственной техники, оснащенной GPS-приемником и бортовым компьютером. Такая техника способна выполнять агротехнические мероприятия (например, изменять дозы вносимых удобрений) по командам бортового компьютера в соответствии с электронной картой-заданием и местом позиционирования агрегата (рис. 26).

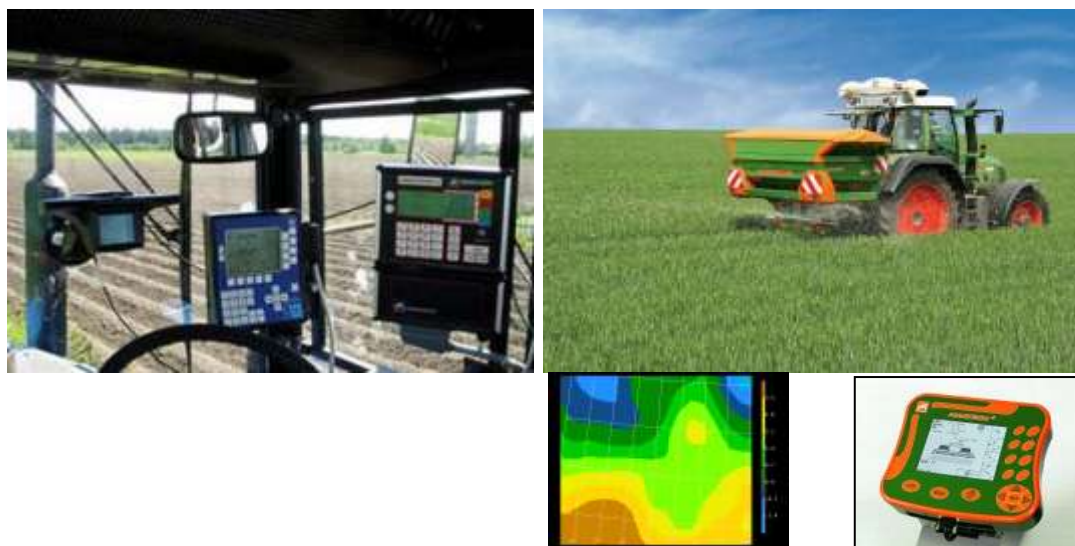


Рисунок 25. Оснащение сельскохозяйственной техники в точном земледелии. Центробежный разбрасыватель минеральных удобрений AMAZONE ZA-M 900

Появление точного земледелия было обусловлено прогрессом в области компьютерной техники и информационных технологий, развитием средств космической связи, появлением рабочих органов сельскохозяйственных машин, способных осуществлять дифференцированное (в пределах поля) управление технологическими операциями.

В России теоретические предпосылки точного земледелия заложили выдающиеся ученые: Костычев Павел Андреевич (1845-1895), Стебут Иван Александрович (1883-1923), основоположник отечественной агрохимии – Прянишников Дмитрий Николаевич (1865-1948).

Основой грамотного применения удобрений является учет агрохимических показателей плодородия почвы, которые приводятся в агрохимических картограммах. Обследование почв в системе точного земледелия автоматизировано с использованием машин-пробоотборников, например, для отбора проб почвы на глубину 0-30см можно использовать пробоотборник Wintex 1000 (рис. 26), который позволяет в час отобрать 38 образцов, которые автоматически помещаются в коробочку. Затем проводится их агрохимический анализ и составляются электронные картограммы, после чего – в автоматическом режиме рассчитывают дозы фосфорных и калийных удобрений для каждого внутриверного контура.





Рисунок 26. Пробоотборник почвы Wintex 1000

Дифференцированное внесение азотных удобрений проводится, главным образом, в качестве вегетационных подкормок посевов по данным фотометрической наземной или дистанционной диагностики азотного питания растений.

В основе фотометрических методов диагностики лежит зависимость интенсивности флуоресценции хлорофилла и его концентрации в растениях от обеспеченности их азотным питанием. Используются портативные и мобильные фотометры различных типов (рис. 27). Откалиброванными фотометрами определяется средняя доза азотных удобрений, которая задается для дифференцированного внесения машинами, оснащенными N-сенсорами (рис.28).

Для диагностики азотного питания могут использоваться также космические снимки.

Определенная и зафиксированная в борт-компьютере агрегата средняя доза азотного удобрения для всего поля, по ходу его движения распределяется по площади поля в соответствии с показаниями N-сенсора этого агрегата

В точных системах удобрения, применяемых в условиях высокой пестроты плодородия почвы и сложности почвенного покрова, за счет дифференцированного внесения удобрений удастся в течение года существенно повысить степень окультуренности почвы и создать условия для возделывания более требовательных к почвенному плодородию культур.

Результаты оценки эффективности точных органико-минеральных и минеральных систем удобрения в условиях Северо-Запада РФ показали, что окупаемость удобрений в них практически всегда выше, чем в зональной системе. Преимущество точных систем удобрения перед зональными возрастает по мере усиления пространственной неоднородности наиболее важных агропроизводственных свойств почвы (табл. 21). По мере снижения пестроты плодородия и повышения степени окультуренности почвы это



преимущество сокращается, хотя окупаемость удобрений остается очень высокой.



1



2



3



4

Рисунок 27. Фотометры: 1 - Оптический датчик GreenSeeker (США); 2 - Американский N-тестер CSM-200; 3 - Портативный N-тестер «ЯРА»; 4 - Портативный N-тестер «Спектролюкс»



Рисунок 28. Разбрасыватель «AMAZONE ZA-M», оснащенный N-сенсором «Яра» для сканирования посева

На переход к точным системам удобрения сильнее реагируют более требовательные к условиям минерального питания сельскохозяйственные культуры (И.А. Иванов, В.П. Якушев, А.И. Иванов, 2011). При этом формируется более качественная продукция.

**Таблица 21– Зависимость эффективности системы удобрения от пространственной неоднородности почвы**  
(И.А. Иванов, В.П. Якушев, А.И. Иванов, 2011)

Система удобрения	Продуктивность севооборота (т з.ед./га) при коэффициентах вариации свойств почв			Окупаемость удобрений урожаем (руб./руб.) при коэффициентах вариации свойств почв		
	7–25%	30–50%	>50%	7–25%	30–50%	>50%
Зональная	9,2	7,8	5,2	7,1	4,9	2,7
Точная	10,9	9,0	7,6	7,3	6,8	4,6
НСР <sub>05</sub>	0,51					

При использовании технологии точного земледелия создаются предпосылки к выравниванию значений показателей качества товарной продукции растениеводства и в целом к ее повышению. Достигается это за счет минимизации очагов переудобренности почвы, в которых в неблагоприятные по погодным условиям годы возможно формирование недоброкачественной продукции, в частности по содержанию нитратов. Это можно проиллюстрировать данными сравнительной оценки зональной и точной систем удобрения (табл. 22). Точная система удобрения позволила существенно сгладить пространственную неоднородность свойств почвы и на этой основе повысить эффективность удобрений. Варьирование численных значений показателей качества продукции при точной системе удобрения оказалось значительно меньшим, чем при зональной.

**Таблица 22 – Система удобрения и качество картофеля**  
(И.А. Иванов, В.П. Якушев, А.И. Иванов, 2011)

Система удобрения	Содержание крахмала (%) при коэффициентах вариации свойств почв						Содержание нитратов (мг/кг) при коэффициентах вариации свойств почв					
	7–25%		30–50%		>50%		7–25%		30–50%		>50%	
	М	V, %	М	V, %	М	V, %	М	V, %	М	V, %	М	V, %
Зональная	11,5	11	11,0	11	11,2	15	235	14	229	26	246	47
Точная	11,3	8	11,7	10	11,2	10	240	10	217	13	234	12
НСР <sub>05</sub>	0,71						25					

Система точного земледелия позволяет также управлять основными факторами миграции вещества в агроэкосистемах.

Таким образом, в точных системах за счет дифференцированного применения удобрений можно добиваться оптимизации питательного режима почвы, сокращения пространственной неоднородности плодородия, уровня нежелательных потерь биогенных элементов формирования доброкачественной

продукции на фоне интенсивного применения удобрений, повышения окупаемости удобрений и т.д. Эффективность дифференцированного внесения удобрений зависит от выраженности внутрипольной variability плодородия почв и состояния посевов. На полях с невысокой variability плодородия почвы дифференцированное применение агрохимических средств не требуется.

Однако точное земледелие пока не нашло широкого применения и используется лишь в отдельных странах: США, Канаде, Дании, Германии. Это связано с необходимостью значительных дополнительных затрат, сложностью увязки с традиционными технологиями, неполной научно-практической базы.

## 11 УДОБРЕНИЯ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ

Важнейшей задачей применения удобрений является не только повышение урожаев сельскохозяйственных культур и плодородия почвы, но и получение высококачественной продукции.

Растения состоит из сухого вещества и воды: в вегетативных органах содержание воды колеблется в большинстве случаев от 70 до 95%, а в семенах – от 5 до 15%. Сухое вещество на 90–95% состоит из органических соединений и на 5–10% – из минеральных солей.

Органические вещества представлены белками, жирами, крахмалом, сахарами, клетчаткой, пектиновыми веществами (табл. 23).

**Таблица 23 – Средний химический состав урожая сельскохозяйственных растений, % (по Б.П. Плешкову, 1975)**

Культура	Вода	Белки	Жиры	Углеводы (кроме клетчатки)	Клет- чатка	Зола
Пшеница (зерно)	14	14	2,0	65	2,5	1,7
Рожь (зерно)	14	12	2,0	68	2,3	1,6
Овес (зерно)	13	11	4,2	55	10	3,5
Ячмень (зерно)	13	9	2,2	65	5,5	3,0
Рис (очищенное зерно)	11	7	0,8	78	0,6	0,5
Кукуруза (зерно)	15	9	4,7	66	2,0	1,5
Гречиха (зерно)	13	9	2,8	62	8,8	2,0
Горох (семена)	13	20	1,5	53	5,4	2,5
Фасоль (семена)	13	18	1,2	58	4,0	3,0
Соя (семена)	11	29	16	27	7,0	3,5
Подсолнечник (ядра)	8	22	50	7	5,0	3,5
Лен (семена)	8	23	35	16	8,0	4,0
Картофель (клубни)	78	1,3	0,1	17	0,8	1,0
Сахарная свекла (корнеплоды)	75	1,0	0,2	19	1,4	0,8
Кормовая свекла, (корнеплоды)	87	0,8	0,1	9	0,9	0,9
Морковь (корнеплоды)	86	0,7	0,2	9	1,1	0,9
Лук репчатый	85	2,5	0,1	8	0,8	0,7
Клевер (зеленая масса)	75	3,0	0,8	10	6,0	3,0
Ежа сборная (зеленая масса)	70	2,1	1,2	10	10,5	2,9

Процессы биосинтеза белков и других азотистых соединений и биосинтеза жиров или углеводов являются разнонаправленными. При усилении одного из них снижается синтез другого.

С помощью удобрений можно в определенной степени изменять направленность процессов обмена веществ и регулировать накопление в растениях полезных для человека органических веществ.

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, их природном видовом составе, что используется в методе флористической диагностики при разведке месторождений полезных ископаемых.

Таким образом, применение удобрений, являясь объективной необходимостью, требует постоянного контроля их качества, технологий внесения и возможного загрязнения почвы, воды, продукции, атмосферы.

**Азот** входит в состав всех простых и сложных белков, нуклеиновых кислот, липидов, витаминов, фосфатидов, алкалоидов, ферментов, гормонов, хлорофилла и других органических соединений, без которых немислим обмен веществ. В растениях азот содержится и в минеральной форме (нитратный, аммонийный азот). Отсюда ясно, что уровень питания растений азотом напрямую связан с качеством урожая, причем азотные удобрения оказывают на него наибольшее влияние. Однако это справедливо только при правильном его использовании.

При неграмотном использовании минеральных азотных удобрений высока вероятность полегания растений, повышения уровня поражения их болезнями и вредителями, снижения урожайности и ухудшения качества урожая за счет снижения содержания незаменимых аминокислот в белке, содержания углеводов, витаминов, накопления минеральных форм азота, прежде всего, нитратов. Особенно опасен избыток азота при недостатке калия и фосфора. Правда, часто в составе нитратов, накапливаемых овощами, преобладает азот почвы (до 60–90%).

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%-ном 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 поступление 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  $N-NO_3$  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 способности накапливать нитраты: 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 при выращивании.

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.

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, лек-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, шавель, 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.

Есть мнение, что такое нормирование содержания нитратов в продукции не в полной мере оправдано, так как для овощей и фруктов, накапливающих нитраты в незначительных количествах (огурцы, томаты, яблоки, груши, дыни, виноград), нет необходимости вводить нормативы ПДК. Чем больше различных овощей подвергается контролю, тем сложнее его осуществить, а без четкого, надежного контроля вводить подобные ограничения бессмысленно. На Западе существует система регламентирования содержания нитратов в целом по продуктам питания без разделения на отдельные виды продукции.

Более постоянными являются данные о содержании нитратов в мясных продуктах (табл. 24).

Все причины накопления нитратов в растениях условно можно разделить на две группы: биологические и хозяйственные. Развитие растений эволюционно проходило в условиях дефицита азота, что выработало биологический механизм запасаания его впрок.

Основная причина избыточного накопления нитратов в растениях обусловлена хозяйственной деятельностью человека – создание соответствующих условий минерального питания растений: 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.

**Таблица 24 - Содержание нитратов и нитритов в мясной продукции (данные ВОЗ)**

Мясные продукты	Нитраты, мг/кг	Нитриты, мг/кг
Окорок	133 – 303	9 – 26
Ветчина	370 – 510	7 – 150
Говядина	59 – 214	3 – 47
Колбасные изделия	53 – 101	22 – 62
Солонина	118 – 135	18 – 208

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. В исследованиях кафедры агрохимии СФ МСХА (ныне Смоленская ГСХА) внесение фосфорных удобрений при выращивании томата F1 Гамаюн ТмСФ в защищенном грунте привело к снижению содержания нитратов в плодах в 2,3–3,3 раза (при фоновом – 112 мг/кг), а отношение витамина С к нитратам повысилось в 2,5–3,5 раза (при отношении на НКМg-фоне – 1,1).

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 урожая, а на посевах культур, используемых в свежем виде – морковь, петрушка и др. – 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.

В соответствии с регламентами, разработанными ЦИНАО, применение азотных удобрений запрещается на сильнокислых почвах ( $pH_{KCl} \leq 4,0$ ); на территориях первого пояса зоны санитарной охраны источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения; на замёрзшей и покрытой снегом почве; на почвах с высоким содержанием минерального азота.

Под все сельскохозяйственные культуры разработаны оптимальные дозы азотных удобрений, которые гарантируют получение чистой продукции и исключают загрязнение окружающей среды (табл. 25).

Для предотвращения загрязнения среды продуктами трансформации азотсодержащих удобрений необходима оценка всех статей баланса азота (в



поле, севообороте, ландшафте, регионе и т. д.) в системах почва–растение–удобрение–вода–атмосфера.

**Таблица 25 - Регламенты применения азотных удобрений  
в Центральном районе Нечерноземной зоны России (ЦИНАО)**

Культура	Максимально допустимая годовая доза азота, кг/га	Соответствующая урожайность, т/га
Озимая пшеница	160	5
Озимая рожь	100	3,5
Ячмень	100	5
Овес	100	4,5
Гречиха	55	1,5
Картофель (без орошения)	110*	25
Картофель (при орошении)	120	35
Огурцы (при орошении)	100	30
Морковь	90	50
Капуста (при орошении)	140	65
Лук	80	30
Столовая свекла	100	50
Кормовые корнеплоды	160	90
Кукуруза на силос (без орошения)	155	55
Однолетние травы (сено)		
злаковые	90	5
бобовые	65	6
Многолетние травы (сено)		
злаковые	100	60
бобово-злаковые	60	65
Культурные неорошаемые пастбища (сухая масса)	210	7

\* - Дерново-подзолистые суглинистые – 90–100 кг/га; дерново-подзолистые супесчаные – 120 кг/га

В последние годы возросло значение биологического азота, в связи с достижениями теоретической и прикладной микробиологии. Выведение штаммов бактерий *ризобиум*, в том числе методами генной инженерии, с высокой конкурентоспособностью, приспособленных к местным

экологическим условиям должно быть приоритетным в исследованиях по симбиотической азотфиксации.

Параллельно должна вестись работа по селекции бобовых растений с повышенной азотфиксирующей способностью и хозяйственной продуктивностью. Кроме того, заслуживают внимания исследования по ассоциативной азотфиксации злаковыми и другими небобовыми растениями. В США приступили к изготовлению опытных партий инокулянтов, стимулирующих азотфиксацию злаковых культур. По данным БГСХА, применение азотспириллы под ячмень дает возможность экономить до 30 кг/га азота минеральных удобрений.

Заслуживают внимания технологические разработки в области получения удобрений с регулируемым высвобождением азота из удобрения (капсулированные удобрения), которые позволяют сократить потери азота в окружающую среду, повысить урожайность сельскохозяйственных культур и улучшить качество продукции. Перспективно также использование ингибиторов нитрификации. Исследования кафедры агрохимии Смоленской СГСХА с мочевиной, модифицированной ингибитором КМЦ, свидетельствуют о задержке процессов нитрификации на 1 месяц, сохранении азота в почве в аммонийной форме и снижении в ней нитратного азота до активной весенней вегетации растений.

**Фосфор** участвует в синтезе и распаде сахарозы, крахмала, жиров, несколько меньше – белков. Он входит в состав таких соединений как РНК, ДНК, нуклеопротеиды, АТФ, АДФ, фосфатиды, сахарофосфаты, фитин, присутствует и в неорганической форме в виде солей ортофосфорной кислоты, которые играют роль буферной системы клеточного сока. Изменяя соотношение N : P, можно регулировать интенсивность и направленность процессов обмена веществ, способствуя накоплению в растениях белков или углеводов.

Роль фосфорных удобрений в формировании урожая и качества продукции приведена на рисунке 29.

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 и смену почвенного микробиоценоза.



**Рисунок 29. Роль фосфорных удобрений в формировании урожая и качества продукции**

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 фотосинтез, нарушает деятельность ряда ферментов (энолазы, фосфоглукомутазы, 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.

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 относят к группе особо опасных загрязнителей объектов окружающей среды, так как они являются генетическими ядами, аккумулируются в организме с отдаленным эффектом действия, проявляющимся в наследственных заболеваниях, умственных расстройствах и др. Среди ТМ наиболее опасными являются кадмий, ртуть, свинец.

Так, 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 элементов приходится на выплавку кадмия из руд, 52% попадает в атмосферу в результате сжигания или переработки изделий, содержащих кадмий (О.А. Соколов, В.А. 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 организм человека не должно превышать 0,07 мг/кг его массы, ПДК кадмия в бытовой 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 его полувыведения из почвы составляет около 1100 лет (О.А. Соколов, В.А. Черников, 1999). По другим оценкам (И.А. 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 (табл. 26). 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 (Н.Р. Rothbaum et. al.,

1986). Удобрения, содержащие более 8 мг/кг кадмия, считаются потенциальными загрязнителями.

**Таблица 26 – Содержание кадмия в фосфорных удобрениях разных стран-производителей, мг/кг**

Страна-производитель	Кадмий
Россия	0,76 – 0,77
Марокко	42,5 – 49,8
Тунис	176,2 – 218,1

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, 0,1–0,15% мышьяка и другие металлы. Средний химический состав фосфогипса из апатитового концентрата следующий (%): Ca – 28,3; SO<sub>3</sub> – 55,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,5; Sr – 1,8–2,0 (В.Г. Минеев, 2004).

В последние годы стали испытывать в качестве известкового материала **карбонат кальция конверсионный (ККК)**, являющийся отходом производства сложных минеральных удобрений. Ежегодные объемы его образования за заводах минеральных удобрений в Смоленской, Новгородской, Кировской и Воронежской области составляют сотни тысяч тонн. Этот продукт сильно загрязнен стабильным стронцием, что приводит к ухудшению важнейшего показателя – отношения Ca : Sr в почве. Низкие отношения Ca : Sr повышают частоту заболевания населения рахитом, остеодистрофиями и другими опасными заболеваниями. Использование ККК должно сопровождаться контролем накопления стронция в почве и растениях. Следует с особой осторожностью использовать его в качестве мелиоранта на

территориях с высоким уровнем загрязнения артезианских вод стабильным стронцием, к которым, в частности, относится Смоленская область.

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.

**Калий** в растениях находится преимущественно в ионной форме, выполняет важнейшие физиологические функции, приводя к повышению урожайности, улучшению качества продукции, повышению устойчивости растений к полеганию, поражению болезнями и вредителями, неблагоприятным погодным условиям (зимостойкость, морозоустойчивость) и др. (рис. 30).



**Рисунок 30. Роль калийных удобрений в формировании урожая и качества продукции**

Он усиливает накопление в растениях крахмала, сахаров, жиров, высокомолекулярных углеводов – целлюлозы, гемицеллюлозы, пектиновых веществ, что способствует повышению устойчивости растений к полеганию, у льна повышается качество волокна. При аммиачном питании растений калий может способствовать синтезу белков.

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. На почвах Нечерноземной зоны потери его при вымывании больше, чем фосфора и составляют 5–10 кг/га и более.

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 гипомagneзией. 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 непригодной для питья. Этот процесс особенно выражен на легких почвах., С 1 т  $KCl$  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  $^{137}\text{Cs}$  в растения.

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

Наиболее существенными нарушениями технологии использования органических удобрений являются:

- недостаточное использование подстилочных материалов и несовершенство систем навозоудаления, что не только уменьшает выход высококачественного навоза, но и приводит к существенным потерям жидких органических фракций;

- использование для разбрасывания органических удобрений бульдозерной техники, при недостатке навозоразбрасывателей, приводит к неравномерному распределению органических удобрений по поверхности поля и снижению эффективности удобрений (в связи с этим ее использование для этой цели запрещено);

- загрязнение окружающей среды часто является причиной несоответствия численности животных и удобряемой площади (в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий должно быть не более двух – трех голов животных в пересчете на крупный рогатый скот).

Для предотвращения потерь питательных элементов и снижения агрогенной нагрузки на почву следует руководствоваться следующими общими положениями:

- доза азота, вносимого с бесподстилочным навозом, навозными стоками и другими отходами животноводства не должна превышать 200 кг/га;

- вносить жидкий навоз следует под наиболее отзывчивые культуры, образующие обильную биомассу (многолетние травы, кукурузу, кормовые корнеплоды);

- использование промежуточных культур (уплотненные посевы) в севообороте практически предотвращает потери нитратов за счет вымывания, вследствие интенсивного использования их растениями;

- соблюдение сроков внесения, приближение их к периоду наибольшего потребления элементов питания, должно быть основным принципом использования жидкого навоза, особенно на супесчаных почвах, имеющих низкую поглотительную способность;

- по санитарно-гигиеническим требованиям бесподстилочный навоз следует использовать на удобрение после шестимесячного хранения; вывезенный на поле навоз следует немедленно заделывать в почву;

- на сенокосах и пастбищах между последним внесением бесподстилочного навоза и использованием трав на корм необходимо соблюдать карантинный период не менее 20 дней;

- бесподстилочный навоз при осеннем внесении можно комбинировать с внесением соломы или зеленого удобрения, это значительно сокращает потери азота, связанные с иммобилизацией в осенний и весенне-летний периоды;



- недопустимо внесение бесподстилочного навоза на участках, где есть угроза затопления их паводковыми водами;
- в природоохранных целях между зоной применения бесподстилочного навоза и водоемами следует оставлять защитную полосу шириной 20–100 м в зависимости от местных водоохранных условий;
- для предупреждения засорения полей, потерь азота и соблюдения экологической чистоты при использовании бесподстилочного навоза следует компостировать его с торфом, соломой и другими влагоемкими материалами.

Большую роль в формировании качественной продукции растениеводства играют **микроэлементы**. *Бор* улучшает углеводный обмен в растениях, влияет на белковый и нуклеиновый обмен. *Медь* входит в состав нитритредуктазы, гипонитритредуктазы и редуктаз оксидов азота, чем определяется ее участие в азотном обмене растений. *Марганец* повышает содержание сахаров, *молибден* участвует в биосинтезе нуклеиновых кислот, синтезе пигментов и витаминов. *Цинк* способствует накоплению в растениях сахарозы и крахмала, при его недостатке нарушается синтез белков и снижается их качество. *Кобальтовые* удобрения повышают диетические качества продукции, благодаря увеличению содержания витамина B<sub>12</sub>.

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 научно-обоснованном использовании удобрений, а также изучение, оценка и прогноз состояния компонентов окружающей среды (почвы, растений, атмосферы, воды, животных, человека) в связи с хозяйственной деятельностью человека, что составляет основу мониторинга.

В зависимости от уровня объектов исследований различают три ступени мониторинга: глобальный биосферный, региональный геосистемный (или природохозяйственный) и локальный биоэкологический.

Важной составной частью мониторинга антропогенных изменений в биосфере является почвенно-агрохимический мониторинг, который относится к мониторингу экологического типа. Его объектами могут быть специально выбранные территории (полигонный мониторинг) и вся сельскохозяйственная площадь (сплошной мониторинг). Длительные опыты с удобрениями являются важнейшим объектом полигонного мониторинга. Сплошной агрохимический мониторинг плодородия почв сельскохозяйственного назначения проводится агрохимической службой с 1964 года. По его результатам составляются агрохимические картограммы, на которых указывают кислотность (щелочность) почв, содержание в них подвижных форм фосфора, калия, микроэлементов.

Информация, полученная в результате мониторинга, позволяет сформировать базу данных и разработать экологически безопасные системы удобрений в севообороте, обеспечивающие их высокую продуктивность и расширенное воспроизводство плодородия почв.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В повышении плодородия почв практически в любых системах земледелия, включая биологические, ведущее место занимают минеральные и органические удобрения. В развитых странах, где для обеспечения сбалансированного минерального питания сельскохозяйственных культур широко используются минеральные, органические, бактериальные удобрения, химическая мелиорация почв, интегрированная система защиты растений, высокий уровень агротехники, урожайность зерновых культур в 3–5 раз выше, чем в нашей стране.

Высокие технологии в сельском хозяйстве этих стран позволяют не только обеспечить свое население продуктами питания, но и успешно экспортировать излишки в другие страны, в том числе в Россию.

Производство сельскохозяйственной продукции в нашей стране можно повысить в 2–3 раза при условии достаточной обеспеченности сельского хозяйства минеральными и известковыми удобрениями и другими средствами химизации.

Переход на интегрированное применение средств химизации, адаптированного к конкретным почвенно-климатическим условиям и особенностям рельефа позволит значительно повысить урожайность, качество получаемой продукции, сократить затраты на ее производство, успешно решать вопросы предотвращения загрязнения окружающей среды агрохимикатами.

Исходной информацией для разработки интегрированной системы применения удобрений, пестицидов и других средств химизации являются результаты комплексного мониторинга плодородия почв каждого поля (земельного участка). Они должны включать подробную информацию о почвенном покрове, рельефе, физических, химических, водно-физических и биологических свойствах, эколого-токсикологическом и фитосанитарном состоянии почв и посевов, метеорологических условиях и продуктивности растений на каждом земельном участке.

Такой подход к планированию системы удобрения позволит повысить урожайность и эффективность применения удобрений и других агрохимикатов в 1,8–2 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берестецкий, О.А. Биологические основы плодородия почв/О.А. Берестецкий, Ю.М. Возняковская, Л.М. Доросинский/ М.: Колос, 1984. 47 с.
2. Бобко, Е.В. Агрохимические основы техники внесения удобрений /Е.В. Бобко/ М.: Сельхозиздат, 1963. 359 с.
3. Булаев В.Е. Агротехника локального внесения удобрений. М.: ВНИИТЭИСХ, 1981.- 58 с.
4. Вильдфлуш, И.Р. Рациональное применение удобрений / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа, Т.Ф. Персикова/ Горки, 2002. 322 с.
5. Гордеев, А.М. Оптимизация функционирования адаптивных механизмов корневых клеток локализацией минеральных удобрений /А.М. Гордеев, А.Р. Цыганов, Л.С. Орси́к, С.М. Вьюгин и др./ Москва, ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2006. 282 с.
6. Державин, Л.М. Составление проекта на применение удобрений (рекомендации) / Л.М. Державин, И.В. Колокольцева, Н.К. Скворцова и др./ – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. 154 с.
7. Державин, Л.М. Агрохимические средства в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального района Нечерноземной зоны России /Л.М. Державин, В.Ф. Ладонин, И.А. Шильников и др./ М.: РАСХН, ВНИИА, ВНИИСХ ЦРНЗ, 2006. 267 с.
8. Дерюгин И.П. Прокошев В.В. Калий и калийные удобрения. – М: Ледум, 2000. – 183 с.
9. Дерюгин И.П., Кулюкин А.Н. Питание и удобрение овощных и плодовых культур. – М.: Изд-во МСХА, 1998. – 326 с.
10. Допосевное локальное внесение удобрений – URL: [http:// www.nosak.ru](http://www.nosak.ru) (дата обращения 25.06.12)
11. Жуков Ю.П. Система применения удобрений в хозяйствах Нечерноземья. – М.: Московский рабочий, 1983. – 144 с.
12. Иванов И.Н., Иванов А.И., Иванова В.Ф. Научно-производственные основы системы удобрения в Нечерноземной зоне. – Великие Луки, Изд-во ВГСХА, 2002. – 216 с.
13. Иванов, И.А. Основы почвоведения, агрохимии и земледелия /И.А. Иванов, В.П. Якушев, А.И. Иванов/ Санкт-Петербург, 2011. 233 с.
14. Каликинский, А.А. Эффективность локального внесения основного минерального удобрения на дерново-подзолистых почвах Белоруссии / А.А. Каликинский/ Бюлл. ВИУА., 1980, № 18, с. 80–90.
15. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
16. Кук Д.У. Системы удобрения для получения максимальных урожаев. М.: Колос, 1975. 417 с.
17. Милащенко, Н.З. Научные основы повышения эффективности комплексного применения средств химизации (удобрений, пестицидов, регуляторов роста) в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур, обеспечивающих их высокую окупаемость и экологическую безопасность/ Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонин, Л.П. Воллейт и др./ Научные труды ВИУА, часть 1. – М.: ВАСХНИЛ, 1990. 152 с.
118. ОСТ 10 136 на применение удобрений. Общие требования к разработке и построению. – М., ГУП «Агропрогресс», 2001. 52 с.
19. Прижуков, Ф.Б. Агрономические аспекты альтернативного земледелия. Обзорная информация /Ф.Б. Прижуков/- М.: ВНИИТЭИагропром, 1989. 50 с.
20. Прижуков, Ф.Б. Качество продукции альтернативного земледелия и опыт ее сертификации за рубежом. Обзорная информация. /Ф.Б. Прижуков/- М.: ВНИИТЭИагропром, 1994. 44 с.
21. Рекомендации по рациональному использованию органических удобрений в хозяйствах Могилевской области /А.Р. Цыганов, И.Р. Вильдфлуш, А.И. Горбылева, А.В. и др./ Горки, 2000 г. 32 с.

22. Соколов О.А., Черников В.А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Книга 1. – Пушино, 1999. – 164 с.
23. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. – М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. – 226 с.
24. Тимирязев, К.А. Земледелие и физиология растений /К.А. Тимирязев/ Избр. Соч.- Т. 3. М.: Огиз–Сельхозгиз, 1948, с. 70.
25. Трапезников, В.К. Локальное питание растений /В.К. Трапезников, И.И. Иванов, Н.Г. Тальвинская/ – Уфа, 1999.- 260 с.
26. Харатьяк, Д.Т. Причины перехода фермеров на ленточное внесение удобрений/Д.Т. Харатьяк/ «Первая конференция No-Till в Украине», Днепропетровск, 2004. – <http://agri-news.spb.ru>
27. Ходянкова, С.Ф. Локальное внесение минеральных удобрений /С.Ф. Ходянкова, И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш/ Горки, 1997. 34 с.
28. Черных Н.А., Милащенко Н.З. Ладонин В.Ф. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. – М.: Агроконсалт, 1999. – 148 с.

## Содержание

Введение	3
1 Система удобрения, задачи, принципы разработки	6
2 Приемы, сроки и способы внесения удобрений	10
2.1 Основное (допосевное) внесение удобрений	11
2.2 Припосевное (рядковое) внесение удобрений	22
2.3 Подкормка (послепосевное внесение удобрений)	24
3 Приемы рационального использования азотных удобрений	28
4 Приемы рационального использования фосфорных удобрений	32
5 Приемы рационального использования калийных удобрений	35
6 Эффективные способы использования микроудобрений	37
7 Использование органических удобрений	43
8. Бактериальные удобрения	51
9 Удобрение сельскохозяйственных культур	53
9.1 Озимые зерновые культуры	53
9.2 Яровые зерновые культуры (пшеница, ячмень, овес)	58
9.3 Зернобобовые культуры	61
9.4 Гречиха	64
9.5 Лен-долгунец	67
9.6 Картофель	71
9.7 Кукуруза	76
9.8 Кормовые корнеплоды	80
9.9 Однолетние и многолетние травы	81
9.10 Овощные культуры	87
10 Использование удобрений в технологии точного земледелия	94
11 Удобрения и качество урожая	100
Заключение	114
Литература	115

Самсонова Наталия Евгеньевна

**УДОБРЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В  
ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ**

Подписано в печать	Формат
Бумага офсетная № . Печ л.	Тираж экз.
Заказ №	

ФГОУ ВПО «Смоленская ГСХА»  
214000 Смоленск, ул. Б.Советская, 10/2

Самсонова Наталия Евгеньевна