

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»

Н.Е. Самсонова

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УДОБРЕНИЙ В АДАПТИВНО–ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ



СМОЛЕНСК 2014

УДК 631.8 : 631.582.9(075.8)

ББК 40.446: 41.417я73

С 17

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

Самсонова, Н.Е.

Ресурсосберегающее использование удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии: учебное пособие / Н.Е. Самсонова – Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014.– 56 с.

Рассмотрено ресурсосберегающее использование удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии, эффективные приемы, сроки и способы внесения минеральных, органических, бактериальных удобрений, в том числе при ограниченных ресурсах, 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.

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

УДК 631.8(075.8)
ББК 40.446я73

©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 и загрязнении окружающей среды, вызывает настоятельную необходимость поиска новых технологических решений в земледелии.

На сегодняшний день 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 различные фазы развития растений с работой агрегатов по технологической колее. Данный тип рассчитан на благоприятные по увлажнению ландшафты. Их потенциал по урожайности зерновых культур составляет 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 берегающее 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 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 вносится в 4 раза меньше минеральных удобрений по сравнению с Австралией, в 6 раз меньше по сравнению с Канадой, в 10 раз меньше по сравнению с США. Несоблюдение норм внесения минеральных удобрений и средств защиты растений негативно влияет на плодородие почвы и урожайность, вызывая деградацию и необратимую эрозию почв.

Многолетний период использования 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 требуется использование повышенного количества органических удобрений и биоресурсов, что увеличивает производственные затраты.

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 применения удобрений. Экономия материальных и энергетических ресурсов в вопросе применения удобрений имеет немаловажное значение, особенно в адаптивной земледелии. Адаптивно-ландшафтная система земледелия, в том числе система энергосберегающего земледелия, может помочь в решении экологических проблем.

Ресурсосберегающие технологии направлены 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 низкостебельных сортов с разными сроками созревания, адаптированных к данным технологиям.

Важнейшей задачей в области интегрированного применения удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии является удовлетворение требований возделываемых культур, уменьшение потерь удобрений (как в цепи доставка–хранение–внесение, так и путем необратимого связывания в почве в труднорастворимые 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, в экономически и экологически обоснованных дозах с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур, их сортовой специфики, планируемой урожайности, предшественников, почвенно-агрохимических и других условий, при выборе наиболее подходящих форм и соблюдении сроков и способов внесения удобрений. Эти вопросы нашли отражение в данном пособии.

1 СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ, ПРИНЦИПЫ ЕЕ РАЗРАБОТКИ, ЗАДАЧИ

Под системой применения удобрений понимают комплекс мероприятий по накоплению, приобретению, хранению, подготовке к внесению и рациональному, экологически безопасному использованию известковых, органических, минеральных и бактериальных удобрений.

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 свое специфическое назначение. Это 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 и других сельскохозяйственных угодьях (луга, пастбища, сады и др.).

Под **системой удобрения в севообороте** понимают распределение органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов по полям севооборота с учетом обеспечения максимального агрономического и экономического эффекта при непрерывном росте плодородия почв или сохранении его на 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 (угодя) в пересчете на кормовые (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 *орга-но-минеральной*. Крупные земледельцы всегда используют орга-но-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 земледелиях (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 орга-но-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:

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

Общие основные положения научной системы применения удобрений в адаптивно-ландшафтном 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 восстаю против тех, кто печатно и устно проповедует, что все дело в удобрении, что хорошо удабривая, можно и кое-как пахать»*. Эти слова и сегодня не потеряли своей актуальности.

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

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

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

5. Чаще всего при эквивалентных дозах 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.

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.

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 адаптивно-ландшафтной 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. Альтернативное земледелие 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.

Одним из основных элементов системы удобрения является определение оптимальных сроков и способов внесения удобрений, которые устанавливают в 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 на разных отрезках вегетационного периода усваивает разное количество питательных элементов и в изменяющихся соотношениях в соответствии с меняющимися потребностями.

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 и созреванию, 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 этому процессу.

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. К повышенной концентрации солей в почве чувствительны 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 неравномерность поглощения ими питательных элементов в течение онтогенеза, различную отзывчивость на внесение удобрений, неодинаковую потребность в элементах питания. 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 др. 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 растения 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.

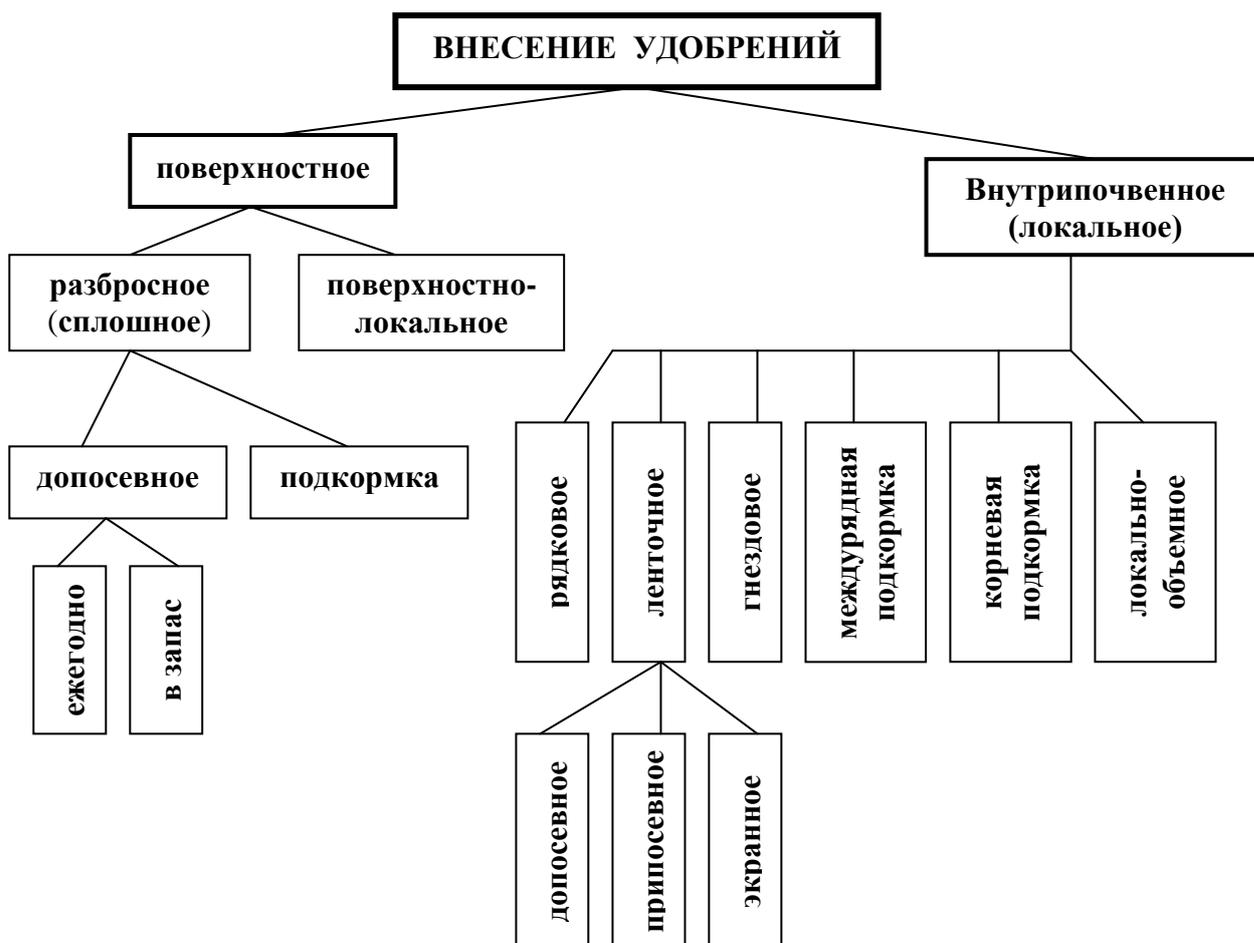


Рисунок 1. Классификация способов внесения удобрений

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 машинам по внесению жидких минеральных удобрений относится АПЖ-12 (рис. 7).



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, агрегируется с тракторами класса 0,9...1,4)



Рисунок 4. Рассеиватель минеральных удобрений РУ–3000

(грузоподъемность – 3 т, агрегируется 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)

Агрегируется 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 влагообеспеченный 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, %		± 10
Равномерность распределения по площади, %	при внесении туковыми сеялками	± 15
	при внесении разбрасывателями	± 25
Перекрытие смежных проходов агрегата, % от ширины захвата агрегата		6
Время между внесением и заделкой удобрений, 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.

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 внутрипрофильной миграции и поверхностного стока и др.

Внесение удобрений в запас не получило широкого распространения по ряду причин, основной из которых является ограниченность ресурсов удобрений. Тем не менее, 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-калийных 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 удобрения в запас можно рассматривать проведение известкования кислых почв.

Локальное внесение основной дозы удобрений является одним из наиболее рациональных способов, о чем свидетельствуют результаты научных исследований, зарубежная практика, отечественный производственный опыт. Сравнение разбросного и ленточного внесения азотно-фосфорных удобрений при выращивании пшеницы показало преимущество локального (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 во влагообеспеченном 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 локальном внесении азотных удобрений 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 допосевном локальном внесении удобрений посев проводят под углом к направлению высева семян, а при припосевном – удобрения размещаются 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

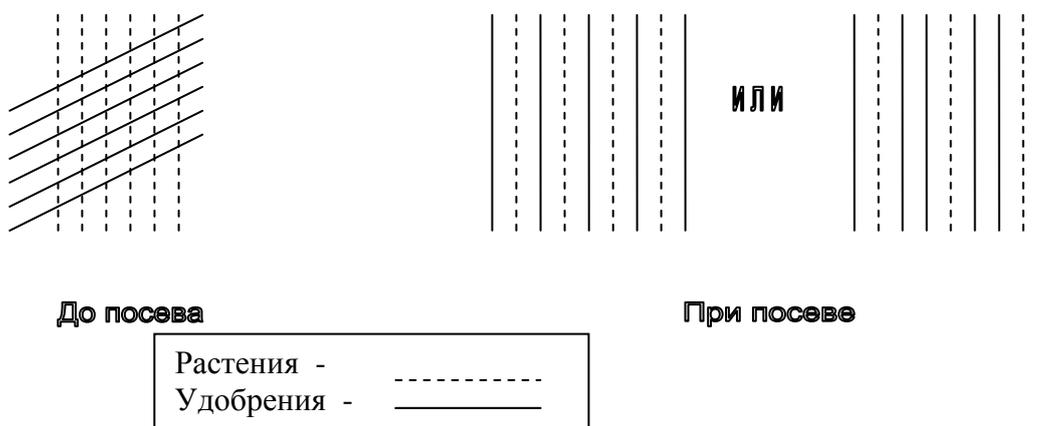


Рисунок 10. Схема расположения удобрений и растений при локальном внесении удобрений до посева и при посеве

В зарубежной практике чаще используют припосевное ленточное внесение основной дозы удобрений комбинированными посевными и посадочными

машинами. 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 тукомесями 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.

Е.В. Бобко (1963) писал, что «в зависимости от глубины внесения, расстояния между местом внесения удобрений и нахождения активной части корневой системы растения удобрение может либо оказаться весьма эффективным, либо не дать никакой прибавки урожая, а то и понизить его по отношению к контролю».

Ленты удобрений нельзя располагать в контакте с семенами или очень близко к ним, как и недопустимо чрезмерное удаление их друг от друга (Ходянкова и др., 1997). Размещая удобрения на том или ином расстоянии от корневой системы, можно приблизить или отдалить сроки начала использования их растениями, что оказывает глубокое влияние на метаболизм питательных элементов. Этим объясняется изменение эффективности удобрений в зависимости от глубины заделки удобрений. Недопустимо не только чрезмерное удаление лент удобрений от семян, но и размещение их с большими интервалами, так как это приводит к снижению доступности питательных элементов, особенно фосфора, в начальные периоды роста и развития растений.

Увеличение интервалов между лентами при высоких дозах удобрений может неблагоприятно сказаться на растениях из-за повышения концентрации солей в почвенном растворе, окружающем ленту удобрения. Это может сопровождаться двумя нежелательными явлениями: угнетением растений, расположенных над лентой (если доза удобрений высокая), и позиционной недоступностью удобрений растениям, расположенным в середине интервала (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, особенно 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*. Под зерновые культуры при посеве для этих целей можно использовать переоборудованные зерновые сеялки СЗС-2,1 и СЗК-3,3. С помощью СЗК-3,3

существует техническая возможность одновременного выполнения трех операций: посева семян, внесения основного и припосевного (в рядки) удобрения.

Для внесения основной дозы минеральных удобрений на глубину до 12 см может быть использована сеялка зернотуковая стерневая СЗС-2,1, в которой оба отсека бункера могут служить как емкости для удобрений, которые будут высеваться через зерновые и туковые аппараты. При использовании зерновысевающего аппарата для внесения удобрений следует учитывать, что нормальная работа сеялки возможна лишь при внесении гранулированных сухих удобрений. Если же необходимо применять смеси удобрений, то в зерновой отсек засыпают гранулированные удобрения, а в туковый – остальные. Локальное допосевное внесение минеральных удобрений можно выполнять 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.

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.



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.

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 высокой окультуренности она остается достоверно выше, чем разбросного.

Локализация удобрений требует более точного их дозирования, исключая 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 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 (1975) отмечал: *«... в условиях еще недостаточной обеспеченности страны минеральными удобрениями задача состоит в том, чтобы каждый килограмм питательных веществ дал максимальный эффект. А это возможно только при локальном использовании удобрений»*. Сегодня при крайнем дефиците удобрений это особенно актуально.

2.2 ПРИПОСЕВНОЕ (РЯДКОВОЕ) ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

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

Локальное внесение небольших доз удобрений при посеве создает благоприятные условия питания молодых растений. По этой причине 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.

Наиболее эффективны для припосевного внесения гранулированные фосфорные удобрения. При их использовании создаются местные очаги с повышенной концентрацией питательных веществ. Гранулированные удобрения, по сравнению с порошковидными, имеют меньшую площадь соприкосновения с почвой и поэтому значительно меньше закрепляются в ней в формах, недоступных для растений. Они более полно используются семенами при внесении в рядки при посеве или в гнезда. Например, 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.

Припосевное (рядковое) внесение стартовой дозы удобрений – это всегда локальное внесение. Назначение припосевного удобрения – усилить минеральное питание молодых растений, что важно для последующего их развития, и за короткий промежуток времени обеспечить формирование хорошо развитой корневой системы. Наиболее важным в этот период является фосфор (табл. 5). Недостаток его в начальные фазы развития растений невозможно восполнить проведением подкормок в силу того, что закладка репродуктивных органов идет именно в ранние фазы развития, а также из-за специфики поведения фосфорных удобрений в почве (отсутствие горизонтальной и вертикальной миграции). Благодаря рядковому удобрению растения быстрее развиваются и легче переносят временную засуху, меньше повреждаются вредителями и поражаются болезнями, лучше подавляют сорную растительность.

Таблица 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 находится 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), равноценно 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 СЗ-3,6, СЗУ-3,6, СЗЛ-3,6, СЗП-3,6, СЗК-3,3. 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, не сопровождается повышением урожая. Но при этом повышаются расходы на внесение удобрений. 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 очень 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 опасности вымывания удобрений. После перезимовки растения ослаблены, для продолжения роста они нуждаются в питательных элементах, особенно азоте, запасы подвижных форм которого в почве рано весной обычно очень ограничены. При повышении температуры усиливается мобилизация почвенного азота микроорганизмами, поэтому, чем позже проводится подкормка азотными удобрениями, тем ниже ее эффективность.

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

Ранневесенняя подкормка – обязательный агротехнический прием при выращивании озимых зерновых культур. Эта подкормка усиливает рост,

кущение и закладку репродуктивных органов озимых, что обеспечивает получение высокого урожая и создает условия для формирования высококачественного зерна. 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 в ходе онтогенеза.

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.

Эффективна некорневая подкормка пшеницы азотом 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% сахара. Для того чтобы переместить эту часть сахарозы 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 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 питания через корни. Питание через листья является добавочным. Применение его изолированно, без основного удобрения, не обеспечивает нормального роста растений. Оно не позволяет заметно повысить урожайность сельскохозяйственных культур и имеет, в основном, другие задачи, которые связаны, в первую очередь, с улучшением 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 некорневой подкормки растений.

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 гидролизует мочевину с образованием аммиака, который включается в реакции образования аминокислот и амидов.

Некорневое питание фосфором практически не используется. Питанием фосфорнокислыми солями только через листья (при соблюдении щадящих, не обжигающих листьев концентраций), почти невозможно вырастить растение до созревания. Листья начинают отставать в росте, затем преждевременно отмирают и опадают. 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 травы подкормить 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 длительной периоде вегетации культур;

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

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

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

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

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 приспособительные возможности растений в различных условиях внешней среды.

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

В зависимости от биологических особенностей культур, общей дозы удобрений и других условий, возможны различные комбинации приемов внесения удобрений. При высоких дозах удобрений целесообразно сочетание всех трех приемов их внесения – допосевного, припосевного (в рядки) и подкормки. При этом удобрения размещаются в разных слоях почвы, что

создает хорошие условия для питания растений в течение всего вегетационного периода.

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. Он 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). 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 (NH_4^+) поглощается обменно, оставаясь доступным для растений, но может закрепляться в почве и необменно, фиксируясь глинистыми минералами. Этот азот не участвует в питании растений до его высвобождения из этого состояния, но предохраняется от вымывания из почвы и процессов денитрификации. Необменная фиксация азота в аммонийной форме составляет 1/4–1/5 часть от общего количества азота удобрений, закрепленного почвой.

Кроме необменной фиксации аммонийный и аммиачный азот подвергается и химическому связыванию в результате присоединения его к фенольным группам органических веществ с последующим включением в состав гетероциклических колец и переходом в химически устойчивую форму. Связывание NH_4^+ и NH_3 в сильной степени зависит от содержания органического вещества в почве. Наиболее активно этот процесс в Нечерноземной зоне протекает в торфяно-болотных почвах. На дерново-подзолистых почвах, особенно кислых, с невысоким содержанием гумуса химическое связывание аммиачного азота органическим веществом при внесении средних доз азотных удобрений невелико и не может оказать влияния на изменение доступности растениям азота.

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 удобрений потребляется интенсивнее, чем азот почвы, затем снижается, а через 40–50 дней в основном прекращается. Потребление азота из почвы продолжается до конца вегетации, поэтому доля его в общем выносе повышается.

На эффективность азотных удобрений наиболее сильное влияние оказывает водообеспеченность. При достаточном увлажнении их действие усиливается.

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

Следует отметить, что внесение твердых форм азотных удобрений связано с большой неравномерностью их внесения (30–60%), что резко снижает их эффективность. Опыт Беларуси показывает, что в производственных условиях более высокие прибавки урожаев достигаются при внесении КАС с помощью опрыскивателей, а мочевины и других твердых форм азотных удобрений – с помощью сеялок, разбрасывателей, позволяющих равномерно вносить их в почву (РШУ-12 и др.) (Вильдфлуш и др., 2002).

Вопросы энергосбережения и охраны окружающей среды наилучшим образом решаются в условиях адаптивной интенсификации производства по сравнению с техногенной.

Существенно снизить затраты азотных удобрений на получение 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 его

растениями. Исключение составляют озимые зерновые. Небольшая доза азота им требуется осенью. Если используются минеральные удобрения, то преимущество имеют аммонийные и амидные удобрения, азот которых поглощается почвой обменно и защищен таким образом от активного вымывания. Если под озимые вносится навоз или другие органические удобрения или предшественником были 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 кушения до колошения зерновых культур следует использовать растительную диагностику содержания в вегетативных органах нитратного или общего азота (тканевая и листовая диагностика). По данным Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии применение такой системы дает экономию затрат азота удобрений 20–40 кг/га, снижение удельных энергетических затрат на 16–51% на зерновых культурах и в 1,5–2 раза – на картофеле. Потери азота почвы и удобрений сокращаются на 10–20%. Это обеспечивает также содержание нитратов в продукции ниже ПДК 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.).

Их применение дает возможность снизить потери общего азота на легких почвах на 27–46%.

Большие преимущества имеет локальное внесение азотных и других удобрений. При ленточном внесении удобрений в почве создаются очаги повышенной концентрации питательных элементов, которые более интенсивно и полно используются растениями, чем при разбросном внесении.

Локализация удобрений обеспечивает меньшее необменное связывание аммонийного азота почвой, что способствует его лучшему использованию растениями. 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, который является одной из кардинальных проблем земледелия и растениеводства. Под биологическим азотом понимают обогащение почвы азотом за счет работы клубеньковых (симбиотических) бактерий бобовых растений (род *Rhizobium*), несимбиотических (свободноживущих) азотфиксаторов почвы и ассоциативных азотфиксаторов (род *Azospirillum* и др.), живущих 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 симбиотической азотфиксации и продуктивности бобовых культур является применение высокоэффективных препаратов клубеньковых бактерий. Во многих странах этому приему подвергается 70–80% посевов бобовых культур (Берестецкий, 1984). Наиболее эффективным препаратом для повышения азотонакопительной способности бобовых культур 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, обрат и др. Гуммиарабик используют в виде 40% водного раствора, NaКМЦ – в виде 1%-ного водного раствора, ПВС (поливиниловый спирт) – 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 соседней 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 азота, который он взял из атмосферы.

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 самого производства современного ассортимента фосфорсодержащих минеральных удобрений. Вместе с тем почв бедных фосфором в России очень много. В Смоленской области каждый пятый гектар имеет низкое и очень низкое содержание подвижных фосфатов.

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 увеличения содержания его в почве.

В связи с дороговизной и дефицитом фосфорных удобрений концепция их применения пересматривается в сторону снижения доз, которые уже не обеспечивают желаемое расширение плодородия почвы. Оптимальные дозы фосфора на почвах с недостаточным его содержанием должны быть в пределах 120–180% от выноса с урожаями сельскохозяйственных культур.

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, кислотностью почв. В кислых почвах фосфат-анионы прочнее 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 обнаруживается 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 содержанием подвижного фосфора (150–250 мг/кг почвы) следует ограничиться рядковым внесением стартовой дозы фосфора под наиболее требовательные к фосфору 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 срок внесения фосфорных удобрений 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 усвоение достигает 30–40 и 40–50% соответственно из минеральных и органических удобрений. При рядковом внесении фосфора коэффициент использования его в два раза выше, чем при основном внесении вразброс.

Важным приемом повышения эффективности основной дозы фосфорных удобрений является внесение их локально – лентами. Ленточное внесение основной дозы фосфорного удобрения позволяет увеличить коэффициент его использования 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, высеваемые под покров, под плодовые и ягодные культуры. При этом необходимо наличие достаточного количества удобрений.

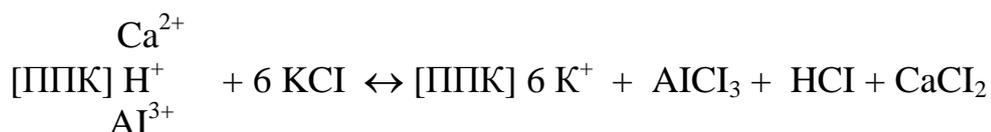
При выборе форм фосфорных удобрений следует учитывать свойства почвы и биологические особенности сельскохозяйственных культур. Легкорастворимые формы фосфорных удобрений имеют преимущество на почвах со слабокислой и нейтральной реакцией среды и низким содержанием подвижного фосфора. На почвах достаточно 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. 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 значительно более интенсивное поглощение растениями катионов калия, чем сопутствующего ему аниона Cl⁻ или SO₄²⁻. Физиологическая кислотность калийных удобрений гораздо слабее, чем аммонийных азотных удобрений, и проявляется только при длительном их использовании под культуры, потребляющие большое количество калия (картофель, корнеплоды, гречиха, овощи).

Калий способен также поглощаться почвой глинистыми минералами необменно, входя в виде иона в межпакетное пространство их кристаллов. Особенно это выражено при попеременном увлажнении и высушивании суглинистых почв. Этот факт следует рассматривать как снижение доступности калия удобрений для растений. Наиболее активно этот процесс протекает в первые годы внесения удобрений, а при заполнении емкости поглощения фиксация калия во времени снижается. 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 калия удобрения. Количество фиксированного калия может достигать в почвах легкого гранулометрического состава 200, а в тяжелых – 500 кг/га. Размеры фиксации калия практически не зависят от формы калийного удобрения.

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.

Важное условие эффективного применения калийных удобрений – хорошее обеспечение растений азотом и фосфором.

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.

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) наиболее рациональная система применения калийных удобрений должна предусматривать внесение основных доз калия на 120–140% возмещающих вынос калия урожаями. На высокообеспеченных подвижным калием почвах (более 250 мг/кг) 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 калия урожаями сельскохозяйственных культур.

Для повышения эффективности использования калия растениями и повышения продуктивности севооборотов калийные удобрения следует вносить в первую очередь под культуры интенсивного усвоения калия: 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, бесхлорные формы калийных удобрений имеют преимущество перед содержащими хлор формами. Для сахарной свеклы и корнеплодов лучшей формой является 40%-ная калийная соль.

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

При ежегодном применении калийных удобрений на связных почвах их лучше вносить осенью, особенно под хлорофобные культуры. В этом случае ограничивается отрицательное действие хлора 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.

Особенно сильно потребность в микроэлементах возрастает при внесении повышенных доз азота, фосфора и калия, а также при известковании кислых почв., после которого повышается подвижность только молибдена.

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 и др.

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

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

Обеспеченность	В в водной вытяжке	Мо в оксалатной вытяжке	Сu в вытяжке 1 н. КСl	Mn в вытяжке 0,1 н. H ₂ SO ₄	Zn в вытяжке 1 н. КСl
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), бормагниеовое 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 достаточных количеств *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, полимикродобрение (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 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 в случае неравномерного распределения по поверхности поля.

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 группа) или при избыточном содержании их в почве (V группа) 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 NaKMЦ 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 микроэлементсодержащей полимерной пленки 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 NaKMЦ 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 удобрений под сельскохозяйственные культуры

Культуры	Микро-элемент	Основное внесение, кг/га	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 дозы микроудобрений 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			
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 или потеряны вследствие неправильной агротехники. 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 снижение объемов применения органических удобрений, вызванное сокращением поголовья скота, стало ощущаться в падении плодородия почв: снижении содержания в них гумуса, подвижных форм калия, биологической активности.

Одним из путей снижения напряженности этой проблемы может быть расширение использования наряду с имеющимися ресурсами традиционных органических удобрений (навоз, торф, компосты) соломы в качестве органического удобрения, посевов сидеральных культур, вермикомпостов, сапропелей, придерживаясь при этом рекомендаций по выбору доз и места внесения их в севообороте, наиболее эффективных технологических схем внесения. Кроме того, компенсировать недостаток органических удобрений можно за счет обоснованных оптимальных размеров посевов многолетних трав в севооборотах и повышения их урожайности.

Подсчитано, что 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.

Главным органическим удобрением является **навоз**. Отметим основные рекомендации по его рациональному использованию. Прежде всего, это

касается снижения потерь органического вещества и азота при хранении, добиться которого 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 жижеборников (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 отзывчивость на органические удобрения, по сравнению с минеральными, 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 рекомендуется полить водой, что значительно улучшает качество корма и его поедаемость животными.

Дозы внесения жидкого навоза определяют по азоту (табл. 11).

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

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 бесподстильного 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 бесподстильного навоза чревато загрязнением продукции нитратами.

Птичий помет 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 больше.

Торф – это полуразложившиеся в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха остатки болотной растительности. Запасы торфа в Смоленской области составляют 250 млн. т. Верховой торф используется преимущественно в подстилку. Проветренный низинный торф хорошо использовать для мульчирования почвы и приготовления торфоперегнойных горшочков.

Наиболее эффективный способ использования торфа, позволяющий повысить доступность его азота растениям – компостирование его с биологически активными компонентами – навозом, навозной жижей, птичьим пометом и другими материалами с получением соответствующих компостов (рис. 14).



Рисунок 14. Основные виды компостов

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 селекционным путем 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 живут дольше (до 16 лет) и быстрее размножаются. Один взрослый червь может давать до 1500 особей в год. Взрослый червь за сутки потребляет количество пищи, равное массе тела, и 60% ее выделяет в виде экскрементов. Оптимальные условия для его размножения: температура около 15–20 °С, рН 7–8, достаточная аэрация, влажность субстрата – около 80–90 %. Численность популяции за год увеличивается в 4–10 раз.

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 желателно 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, условия существования которых близки к условиям дождевого червя, например, нематоды. 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 абсолютно 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.

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 сидерата.

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 их лучше запахивать поздно осенью или весной.

Разложение зеленого удобрения в почве протекает быстрее, чем других органических удобрений, богатых клетчаткой. Добавление к нему при запашке 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, а действие его в севообороте происходит в течение нескольких 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, снижая объемы использования технического азота. Для повышения содержания органического вещества в почве, улучшения фитосанитарного состояния почвы следует выращивать рапс. Имея глубоко проникающую корневую систему рапс разрыхляет почву и активизирует микробиологические процессы разложения органического вещества.

Сапропели (от греч. Sarpós – гнилой и pēlós – грязь, ил) – 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. м³. Его много в Ленинградской, Архангельской, Псковской, Ярославской области, Карельской Республике. В Смоленской области по прогнозным оценкам насчитывается 100 месторождений с запасом 200 млн. м³ сапропелей, в том числе, разведанные запасы 15 месторождений составляют 10 млн. м³. 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.

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 при весеннем – 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. По разбросанной измельченной соломе вносят компенсирующее азотное удобрение 8–10 кг азота на 1 т соломы (аммонийные удобрения или мочевины), а на почвах, бедных фосфором, желательнее добавить и фосфорные удобрения. Эти удобрения предназначены для ускорения процесса разложения соломы.

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 для получения запланированного урожая.

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 и во влажных условиях.

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.

Количество дополнительного к соломе внесения 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 поживной 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.

Доступной энергосберегающей технологией использования соломы является сочетание ее с жидким и полужидким навозом. По разбросанной измельченной соломе вносят жидкий навоз из расчета 6 – 8 т на 1 т соломы и заделывают на глубину 8 – 10 см. В Белоруссии на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах внесение в почву 3 т/га соломы и 27 т/га жидкого навоза было по эффективности равноценно внесению 30 т/га подстилочного навоза (Рекомендации..., 2000 г.). Хорошие результаты дает внесение по разбросанной соломе птичьего помета.

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.

Внесение соломы на удобрение обходится в 4 раза дешевле эквивалентного количества навоза. Доза внесения соломы озимых – 3–5 т/га, яровых – 2–3 т/га.

В целом, солома является источником питательных элементов, углерода (для образования гумуса), повышает микробиологическую активность почвы, фиксацию азота из атмосферы, улучшает ее физико-химические свойства.

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.

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 использование 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 ухудшения 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 поживного 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 азотонакопительной способности бобовых культур. 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 *ризозифил*, который может использоваться на культуре томата и огурца, повышая их урожайность 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 обеспечивать до 40–50% потребности растений в азоте. Так, обработка семян ячменя азоспириллой по эффективности равноценна 30–40 кг/га минерального азота. Эти микроорганизмы размещаются в верхних слоях растительной ткани корней.

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 (за счет развития ассоциативной азотфиксации) и бобовые культуры.

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 достаточной обеспеченности сельского хозяйства минеральными и известковыми удобрениями и другими средствами химизации.

Переход на адаптивно-ландшафтное земледелие, его биологизацию, 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 позволяет 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. Орсиц, 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. Допосевное локальное внесение удобрений - www.nosak.ru
9. Каликинский, А.А. Эффективность локального внесения основного минерального удобрения на дерново-подзолистых почвах Белоруссии / А.А. Каликинский/ Бюлл. ВИУА., 1980, № 18, с. 80–90.
10. 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.
11. ОСТ 10 136 на применение удобрений. Общие требования к разработке и построению. – М., ГУП «Агропрогресс», 2001. 52 с.
12. Прижуков, Ф.Б. Агрономические аспекты альтернативного земледелия. Обзорная информация /Ф.Б. Прижуков/- М.: ВНИИТЭИагропром, 1989. 50 с.
13. Прижуков, Ф.Б. Качество продукции альтернативного земледелия и опыт ее сертификации за рубежом. Обзорная информация. /Ф.Б. Прижуков/- М.: ВНИИТЭИагропром, 1994. 44 с.
14. 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.
15. Тимирязев, К.А. Земледелие и физиология растений /К.А. Тимирязев/ Избр. Соч.- Т. 3. М.: Огиз–Сельхозгиз, 1948, с. 70.
16. Трапезников, В.К. Локальное питание растений /В.К. Трапезников, И.И. Иванов, Н.Г. Тальвинская/ – Уфа, 1999.- 260 с.
17. Харальяк, Д.Т. Причины перехода фермеров на ленточное внесение удобрений/Д.Т. Харальяк/ «Первая конференция No-Till в Украине», Днепропетровск, 2004. – <http://agri-news.spb.ru>
18. Ходянкova, С.Ф. Локальное внесение минеральных удобрений /С.Ф. Ходянкova, И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш/ Горки, 1997. 34 с.

Содержание

Введение	3
1 Система применения удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии, принципы ее разработки и задачи	6
2 Приемы, сроки и способы внесения удобрений	9
2.1 Основное (допосевное) внесение удобрений	11
2.2 Припосевное (рядковое) внесение удобрений	22
2.3 Подкормка (послепосевное внесение удобрений)	25
3 Приемы рационального использования азотных удобрений	29
4 Приемы эффективного использования фосфорных удобрений	33
5 Приемы рационального использования калийных удобрений	36
6 Эффективные способы использования микроудобрений	38
7 Использование органических удобрений	44
8. Бактериальные удобрения	52
Заключение	54
Литература	55

Учебное издание

Самсонова Наталия Евгеньевна

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
УДОБРЕНИЙ В АДАПТИВНО–ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

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