

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**П. М. СМЕРНОВ,
Э. А. МУРАВИН**

АГРОХИМИЯ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебника для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальности «Экономика и организация сельского хозяйства»



МОСКВА «КОЛОС» 1984

ББК 40.4

С50

УДК 63:54 (075.8)

Рецензенты: доктор сельскохозяйственных наук профессор И. П. Дерюгин и доктор сельскохозяйственных наук профессор В. Т. Куркаев.

Главы I—VII написаны доктором сельскохозяйственных наук профессором П. М. Смирновым и кандидатом биологических наук Э. А. Муравиным, глава VIII — кандидатом экономических наук В. П. Фефеловым.

Смирнов П. М., Муравин Э. А.

С50 Агрохимия.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Колос, 1984.— 304 с., ил.— (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

В учебнике наряду с теоретическими основами агрохимии и системы удобрения в севооборотах рассматриваются вопросы организации и экономики применения удобрений.

Второе издание (первое вышло в 1977 г.) переработано и дополнено с учетом новых задач, направленных на совершенствование системы агрохимического обслуживания хозяйств, на внедрение прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

3802020000—308

С 035(01)—84 33—85 .

ББК 40.4
631.8

Издательство «Колос», 1977
Издательство «Колос», 1984, с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Обширная программа дальнейшего развития сельского хозяйства, намеченная в решениях XXVI съезда КПСС, последующих Пленумов ЦК КПСС и в Продовольственной программе СССР на период до 1990 года, является важнейшей составной частью экономической стратегии партии. Реализация этой программы неразрывно связана с интенсификацией отрасли, переводом ее на промышленную основу, повышением эффективности производства. При этом неизмеримо возрастает роль химизации земледелия.

Научно обоснованное применение удобрений и других средств химизации — надежный путь повышения плодородия почвы, урожайности культур, увеличения производства продуктов питания для населения и сырья для промышленности.

К. Маркс указывал, что «...хотя плодородие и является объективным свойством почвы, экономически оно все же постоянно подразумевает известное отношение — отношение к данному уровню развития химических и механических средств агрикультуры, а поэтому и изменяется вместе с этим уровнем развития». *

Экономическое плодородие почвы в значительной мере зависит от уровня применения удобрений. Внесение удобрений может не только обеспечивать сохранение плодородия почв при росте урожайности сельскохозяйственных культур, но и его расширенное воспроизводство. Правильное использование минеральных удобрений повышает экономическую эффективность сельскохозяйственного производства, при относительно меньших дополнительных затратах средств производства и труда в сельском хозяйстве обеспечивает получение большего количества продукции с каждого гектара, снижает ее себестоимость.

Огромная работа, проведенная в нашей стране, позволила за короткий срок создать мощную химическую индустрию, лучше обеспечивать колхозы и совхозы минеральными удобрениями. Только за последние 15 лет поставки

* Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. II, с. 202.

туков сельскому хозяйству возросли более чем в 3 раза. Развитие химизации позволило заметно ослабить влияние неблагоприятных погодных условий, повысить культуру земледелия, урожайность культур. Сейчас уже около половины прироста урожая в стране мы получаем благодаря применению удобрений. Каждый рубль затрат при этом в среднем по стране окупается в 2,5 раза. Существенен вклад удобрений в экономию затрат рабочей силы и роста производительности труда в сельском хозяйстве. Так, один человеко-час при производстве минеральных удобрений позволяет сэкономить на поле за счет повышения урожайности более 15 человеко-часов. Применение одной тонны питательных веществ удобрений сберегает 275 человеко-часов.

К концу одиннадцатой пятилетки поставка минеральных удобрений сельскому хозяйству увеличится до 26,5 млн. т, а к 1990 г.— до 30—32 млн. т в пересчете на 100%-ное содержание питательных веществ. Резко возрастут масштабы применения органических удобрений и химической мелиорации. Предусматривается значительное усиление материально-технической базы химизации.

Ответственные задачи стоят перед созданной в соответствии с постановлением июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС единой специализированной агрохимической службой «Союзсельхозхимия», на которую возложено практическое осуществление химизации сельского хозяйства.

Подлинно научное ведение химизации земледелия должно стать первоочередным делом всех кадров, работающих в сфере сельского хозяйства. Напомним ставшее крылатым высказывание академика Д. Н. Прянишникова о том, что никакой избыток удобрений не сможет заменить недостаток агрохимических знаний у работников сельского хозяйства.

Важная роль в реализации широкой программы химизации принадлежит экономистам—организаторам сельскохозяйственного производства. Они в полной мере должны владеть основами агрохимии, являющейся научной базой химизации земледелия.

**АГРОХИМИЯ — НАУЧНАЯ ОСНОВА
ХИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ АГРОХИМИИ

Агрохимия изучает круговорот питательных веществ в земледелии, взаимодействие между растением, почвой и удобрением в процессе питания, а также способы регулирования круговорота веществ и питания сельскохозяйственных культур для повышения урожая и улучшения его качества путем рационального применения различных удобрений.

Внесение минеральных удобрений позволяет вводить в круговорот веществ в земледелии новые количества элементов питания растений, а применение навоза и других отходов животноводства и растениеводства — повторно использовать часть питательных веществ, уже входивших в состав предыдущих урожаев. Стало возможным восполнять вынос питательных веществ урожаями и непродуцированные потери их из почвы (вследствие ветровой и водной эрозии, выщелачивания, улетучивания в атмосферу и т. д.) и таким образом не только поддерживать, но и повышать плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур.

Главной целью применения удобрений является улучшение питания растений.

«В конечном счете все задачи земледелия, — писал К. А. Тимирязев, — сводятся к возможно строгому осуществлению питания растений». Изучение питания сельскохозяйственных растений всегда было одной из важнейших задач агрохимии. Она исследует также обмен веществ в растениях в связи с условиями питания, ибо характер его определяет не только величину, но и качество урожая. Исследование этих вопросов связывает агрохимию с физиологией и биохимией растений. Но в задачу агрохимии входит, кроме того, изучение и разработка наиболее эффективных методов регулирования питания и обмена веществ в рас-

тениях внесении удобрений для повышения урожая и улучшения его качества.

Первым объектом исследования в агрохимии является растение. При изучении питания растений и разработке способов его регулирования с помощью удобрений должны учитываться также особенности биологии и агротехники отдельных культур. Здесь отмечается связь агрохимии с растениеводством.

Вторым объектом исследования в агрохимии является почва. Изучение содержания и динамики питательных веществ в почве, их доступности растениям, разнообразных процессов превращения удобрений в почве, их действия на ее свойства — важный раздел агрохимии; по этому направлению она связана с почвоведением и почвенной микробиологией.

И, наконец, третий объект агрохимии — сами удобрения; изучая их состав, свойства и эффективность, агрохимия связана не только с сельскохозяйственным производством, но и с химической промышленностью, ибо оценка новых видов и форм удобрений, выпускаемых ею, определение заказа на их производство входят в задачу агрохимии. Три основных объекта, изучаемых в агрохимии, — растения, почва и удобрения — находятся в диалектической взаимосвязи и взаимодействии друг с другом.

«Изучение взаимоотношений между растением, почвой и удобрением, — писал Д. Н. Прянишников, — всегда являлось главной задачей агрохимиков», причем он подчеркивал, что только агрохимия в целях регулирования питания растений внесением соответствующих удобрений для

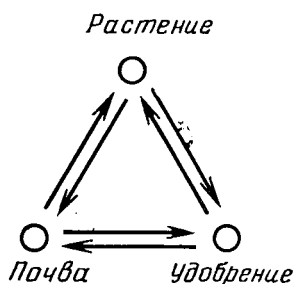


Рис. 1. Схема взаимодействия растения, почвы и удобрения, изучаемого в агрохимии (по Д. Н. Прянишникову).

повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур занимается синтезом знаний по трем названным взаимодействующим факторам. В этом состоит ее отличие от других смежных наук. Диалектическую систему связей, которые изучает агрохимия, Д. Н. Прянишников изобразил в виде треугольника, три вершины которого обозначают растение, почву и удобрение, а двойные стрелки — взаимное влияние каждого из этих объектов на остальные (рис. 1).

Изучение питания растений и взаимодействия между растением, почвой и удобрением составляет теоретическую основу агрохимии. Знание ее позволяет творчески решать многие практические вопросы применения удобрений. Это вопросы о наиболее эффективных формах, нормах и соотношениях удобрений, рациональных сроках и способах их внесения под различные культуры на разных почвах, о правильном сочетании внесения удобрений с системой обработки почвы, севооборотом, орошением и другими агротехническими приемами. Агрохимия тесно связана с общим земледелием и мелиорацией, а также с экономикой и организацией сельскохозяйственного производства, ибо любые приемы использования удобрений обусловлены агротехникой и должны оцениваться с точки зрения их экономической эффективности, а все мероприятия по применению удобрений должны быть увязаны в общем организационно-хозяйственном плане хозяйства.

Методы агрохимических исследований могут быть разделены на две группы: биологические и лабораторные, используемые совместно и взаимно дополняющие друг друга.

Биологические методы включают полевой опыт, вегетационный и лизиметрический методы.

Полевой опыт является методом исследования, проводимого в природной (полевой) обстановке на специально выделенном участке с целью определения воздействия условий или приемов возделывания (отдельно взятых или в сочетании) на урожай сельскохозяйственных растений. В полевых опытах с удобрениями определяется действие удобрения на величину урожая и его качество, плодородие почвы. Полевой опыт — основной метод изучения эффективности удобрений (отдельных их видов и сочетаний, форм, норм и т. д.) в различных почвенно-климатических условиях в зависимости от агротехнических и других факторов. Достоверность и ценность результатов опыта возрастают при длительном их проведении, так как в этом случае исключается действие случайных погодных факторов на эффективность изучаемых удобрений или приемов. В стационарных опытах изучается систематическое внесение удобрений в севообороте в течение ряда лет, чаще всего они служат надежной основой для разработки рекомендаций по применению удобрений в зоне их проведения. Для выявления закономерностей в действии удобрений и других агроприемов в зависимости от почвенно-климатических условий проводят мас-

совые полевые опыты по географическому принципу как в пределах территории всей страны, так и по природно-экономическим областям.

Производственные опыты, закладываемые непосредственно в колхозах и совхозах, дают возможность установить действие удобрений на урожай и его качество в производственных условиях. Они служат для проверки и уточнения результатов, полученных в стационарных опытах, применительно к конкретным условиям хозяйства и используются для определения не только агрономической, но и экономической эффективности удобрений. Такие опыты в широких масштабах проводятся зональными агрохимическими лабораториями в колхозах и совхозах, имеющих типичные в пределах зоны обслуживания природные и хозяйственные условия.

Вегетационный метод позволяет выделить и исследовать воздействие отдельных факторов на рост, развитие, обмен веществ, питание и урожай растений. В вегетационных опытах растения выращивают в специальных стеклянных вегетационных домиках или под сеткой на искусственных средах в сосудах с водой, песком или почвой. В вегетационных опытах можно строго контролировать и регулировать условия питания растений и в определенной мере условия внешней среды — режим увлажнения, освещенности, температуры и т. д.

Лизиметрический метод позволяет в природных условиях с помощью специальных устройств — лизиметров — изучать передвижение и просачивание воды сквозь слой почвы. В агрохимических исследованиях лизиметрический метод используется для изучения водного режима в опытах с удобрениями, размеров выщелачивания минеральных солей из почвы и вносимых удобрений, количественной оценки баланса питательных веществ в почве — сопоставления их поступления с выносом растениями и потерями.

Лабораторные методы агрохимического анализа растений, почв и удобрений включают биохимические, микробиологические методы, а также метод изотопных индикаторов (стабильные и радиоактивные изотопы). Ведущая роль среди лабораторных методов принадлежит химическому анализу агрономических объектов.

Агрохимический количественный анализ растений, почв и удобрений основывается на методах общехимического количественного анализа, однако имеет и свою специфику вследствие существующих особенностей объектов исследо-

ваний. Исключительно широкий набор элементов, химических неорганических и органических соединений в составе растений, почв, а также отдельных удобрений создает значительные трудности при проведении их количественного анализа. В агрохимических исследованиях применяются все существующие методы количественного анализа, но особенно распространено в системе агрохимического обслуживания сельского хозяйства использование наряду с химическими методами таких инструментальных методов, как фотометрия и потенциометрия.

Агрохимический анализ растений необходим для:

оценки качества урожая сельскохозяйственных культур и его изменений в зависимости от условий выращивания, в том числе от применения удобрений;

определения размеров выноса элементов питания с урожаем и хода их потребления в течение вегетации;

диагностики питания растений и определения потребности в удобрениях;

изучения использования культурами питательных элементов из удобрений.

Агрохимический анализ почв проводится с целью:

установления обеспеченности растений элементами питания и, следовательно, потребности в удобрениях;

изучения свойств почв, которые определяют принципиальные вопросы применения удобрений и проведения химической мелиорации почв, таких, как поглощательная способность, реакция почвы и буферность (т. е. способность противостоять изменению реакции), засоленность и т. д.;

наблюдения за изменением содержания питательных веществ в почве и их доступности растениям в зависимости от приемов агротехники и применения удобрений;

изучения процессов взаимодействия удобрений с почвой.

Агрохимический анализ удобрений используется для: оценки качества местных органических удобрений и его изменения в зависимости от условий накопления, хранения и применения;

определения содержания действующего вещества в промышленных минеральных удобрениях и мелиорирующих материалах для проверки их соответствия установленным стандартам;

определения доступности питательных веществ из удобрений и при изучении процессов их превращения в почве.

Агрохимический анализ растений, почв и удобрений позволяет изучить состояние баланса питательных ве-

ществ в земледелии и научно обоснованно осуществлять регулирование питания сельскохозяйственных культур с помощью удобрений.

Для оценки точности опытов и достоверности полученных результатов, выявления зависимости между удобрениями и урожаем, моделирования процессов поглощения растениями, превращения в почве и потерь питательных веществ из почвы и удобрений, экономической оценки применения удобрений в агрохимических исследованиях используют математические методы.

На основе результатов полевых и производственных опытов с обязательной экономической оценкой изучаемых удобрений и приемов их внесения даются практические рекомендации производству.

Приложение агрохимии в практике сельского хозяйства осуществляется главным образом по линии эффективного использования разнообразных местных и промышленных удобрений.

Агрохимия — научная основа химизации земледелия, которая наряду с комплексной механизацией и мелиорацией земель определяет научно-технический прогресс в сельском хозяйстве, является одним из основных путей его интенсификации, повышения его продуктивности.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АГРОХИМИИ

Развитие агрохимии неразрывно связано с развитием наших знаний о питании растений.

Навоз, золу, известь и другие местные удобрительные материалы земледельцы применяли задолго до разработки современной теории питания растений. Но тогда положительное действие их на урожай теоретически не было объяснено, что мешало развитию и совершенствованию различных приемов удобрения почв.

Первые научные данные о воздушном питании растений были получены еще в 1753 г. М. В. Ломоносов высказал гипотезу о «впитывании» листьями веществ из воздуха. Однако лишь в конце XVIII в. Пристли, Ингенгуз и Сенобье экспериментально показали, что зеленые листья растений на свету усваивают из воздуха углекислый газ (CO_2), выделяя из него кислород и оставляя в себе углерод, который используется для построения растительных тканей. Так был открыт фотосинтез у растений.

В области же корневого питания растений и после обнаружения фотосинтеза еще длительное время господствовали неверные представления.

Особенно яркое выражение они нашли в «гумусовой теории» питания растений, которая была впервые высказана в 1761 г. шведским ученым Валериусом. Но больше всего способствовал широкому распространению «гумусовой теории» в первой четверти XIX в. немецкий ученый Тээр. Он считал, что гумус почвы — единственный источник питания растений, минеральные же вещества лишь способствуют переводу его в удобоусвояемую форму.

Некоторые ученые уже в то время отрицали гумусовую теорию питания. К ним относился французский ученый Буссенго. Он указал на первостепенное значение азота в земледелии и точными опытами в полевых условиях установил, что клевер в севообороте улучшает азотный баланс и значительно повышает урожайность других сельскохозяйственных культур. Тем не менее учение Тэера господствовало до 40-х годов XIX в.

Коренной поворот во взглядах на питание растений произошел в 1840 г., когда немецкий ученый-химик Либих в книге «Химия в приложении к земледелию и физиологии» в популярной форме подверг уничтожающей критике «гумусовую теорию» и сформулировал свою теорию минерального питания растений. Либих объяснил причины истощения почвы при однообразной культуре и выдвинул теорию удобрения, основанную на возврате в почву взятых из нее элементов питания. Он считал необходимым возвращать в первую очередь те вещества, которые из почвы извлекаются особенно сильно, то есть которые находятся в первом минимуме. Это правило получило название «закон минимума».

Либих считал, что из всех зольных веществ в первую очередь следует возвращать в почву фосфор, так как его больше всего выносится из почвы зерновыми культурами. Значение азота в удобрении Либих недооценивал. Он ошибочно полагал, что аммиака, поступающего в почву из воздуха с осадками, вполне достаточно для растений. Поэтому предложенное им удобрение, в состав которого не был включен азот, оказалось неэффективным. Неверным было и мнение Либиха о возможности замены навоза золой. Вскоре (1843 г.) Лоозер — основателем Ротамстедской опытной станции (Англия) — на основании полевых опытов были опровергнуты эти ошибочные взгляды Либиха. Было показано, что для повышения урожаев в составе удобрений

наряду с зольными элементами должен обязательно быть и азот. В середине XIX в. в Европе и Америке стали применять для удобрения чилийскую (натриевую) селитру, которая давала очень высокий эффект. Это подтвердило правоту взглядов Буссенго, впервые указавшего на первостепенное значение азота в питании растений. Нельзя придавать абсолютного значения и требованию Либиха о полном возврате в почву всех питательных веществ; теперь установлено, что полный возврат всех питательных веществ не обязателен. Однако идея о необходимости возвращения в почву взятых растениями элементов питания, безусловно, правильная.

К. А. Тимирязев писал: «Учение о необходимости возврата представляет, как бы ни пытались ограничить его значение, одно из величайших приобретений науки».

Либихом впервые была четко высказана идея о сознательном регулировании круговорота веществ в земледелии, ибо нарушение его приводит к падению почвенного плодородия.

К. Маркс дал высокую оценку этому положению Либиха: «Выяснение отрицательной стороны современного земледелия, с точки зрения естествознания, представляет собой одну из бессмертных заслуг Либиха» *.

Несмотря на ошибочность некоторых положений Либиха, его работы пробудили интерес к проблеме питания растений и применения удобрений, стимулировали развитие исследований в этой области. Во многих странах были созданы агрохимические опытные станции, которые сыграли важную роль в дальнейшем развитии агрохимии и использовании удобрений в сельскохозяйственной практике.

Важное значение для развития учения о питании растений имели опыты по выращиванию растений в искусственных, бесплодных средах — воде или песке. При добавлении в них необходимых питательных веществ ряду ученых (Кноп, Сакс и др.) в 50-е годы XIX в. удалось добиться нормального роста растений и точно установить, какие элементы, в каких количествах и соотношениях необходимы для питания растений. Большую роль имели также исследования Гельригеля по изучению особенностей азотного питания бобовых растений. Эти исследования показали, что бобовые способны с помощью развивающихся на их корнях клубеньковых бактерий усваивать азот атмосферы и обогащать им почву.

Параллельно с развитием теории питания растений в

* Маркс К. Капитал, т. I, 1963, с. 515.

сельскохозяйственную практику входили и минеральные удобрения. Уже к середине XIX в. в странах Западной Европы применяли суперфосфат и чилийскую селитру, а позднее (1865 г.) стали использовать калийные удобрения, производимые из природных залежей калийных солей.

В развитии агрохимии выдающаяся роль принадлежит русским ученым. Начало разработки вопросов питания растений и применения удобрений в нашей стране относится к концу XVIII — началу XIX в. Передовые представители русской агрономической науки того времени И. М. Комов и А. Т. Болотов уделяли большое внимание применению навоза, компостов, золы, извести и других местных удобрений для восстановления плодородия почвы, указывали на необходимость развития опытного дела с удобрениями.

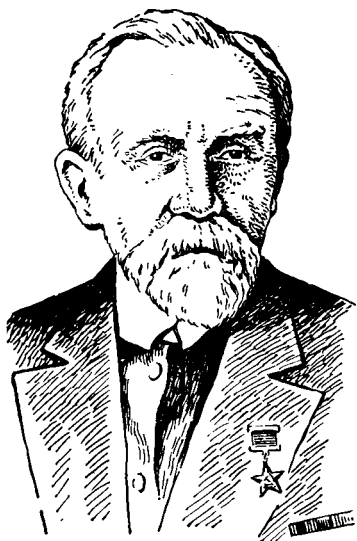
А. Т. Болотов и А. П. Пошман в начале XIX в., задолго до Либиха, указывали на значение для питания растений минеральных солей, образующихся в почве при разложении навоза.

С 60—70 гг. XIX в. в нашей стране начинаются систематические научные исследования в области питания растений и применения удобрений. Особенно большое значение имели работы А. Н. Энгельгардта, Д. И. Менделеева, П. А. Костычева, К. А. Тимирязева. Профессор А. Н. Энгельгардт — автор широко известных «Письма из деревни» и «Химических основ земледелия» — был горячим пропагандистом применения минеральных удобрений, навоза, извести, сидератов. Им впервые в России была доказана высокая эффективность фосфоритной муки на подзолистых почвах и разработаны основы ее использования.

Для развития агрохимии многое сделал Д. И. Менделеев. Под его руководством были проведены в различных районах страны первые полевые опыты с минеральными удобрениями. Д. И. Менделеев считал их мощным средством повышения урожая.

В создании научных основ агрохимии большое значение имели классические исследования К. А. Тимирязева по фотосинтезу и минеральному питанию растений и внедрение им в научную практику методики вегетационных опытов.

Дальнейшее развитие агрохимии связано с именем Д. Н. Прянишникова и его многочисленных учеников. Научная деятельность Д. Н. Прянишникова приобрела особенно широкий размах после Великой Октябрьской социалистической революции. Им опубликовано более 400 работ, многие из которых получили мировую известность.



Академик Д. Н. Прянишников
(1865—1948).

Особенно большое значение имели его классические исследования по азотному питанию растений и применению азотных удобрений.

Благодаря плодотворной научной деятельности Д. Н. Прянишникова, созданной им советской школы агрохимиков развитие агрохимии в нашей стране осуществлялось на широкой физиологической и биохимической основе в тесной связи с практическими задачами химизации сельского хозяйства. Труды Д. Н. Прянишникова, П. С. Коссовича, К. К. Гедройца, А. Н. Лебеядцева, Д. А. Сабинина и многих других советских ученых были утверждены приоритет отечественной науки в решении мно-

гих проблем агрохимии. После Октябрьской социалистической революции агрохимия получила все условия для плодотворного развития, а ее достижения стали широко использоваться в практике. В 1918 г. был организован специальный научный институт по удобрениям (НИУ, ныне Научно-исследовательский институт удобрений и инсектофунгицидов — НИУИФ), а затем в 1931 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт удобрений, агротехники и агропочвоведения (ВИУАА, ныне Всесоюзный научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова — ВИУА). Были созданы агрохимические отделы в зональных и отраслевых научно-исследовательских институтах и на опытных станциях, кафедры агрохимии в сельскохозяйственных вузах. В 20—30-е гг. под руководством НИУ и с 1941 г. под руководством ВИУА проводятся тысячи опытов с различными культурами в разных районах страны по изучению эффективности удобрений, доз и способов их внесения. Этими опытами доказано высокое действие удобрений во многих районах страны и созданы научные основы для развития промышленного получения минеральных удобрений, широкого применения их в сельском хозяйстве.

Агрохимические исследования в нашей стране особенно широко проводятся в последние 15—20 лет. Созданы новые научно-исследовательские агрохимические институты, в том числе Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО), Институт химизации сельского хозяйства сибирского отделения ВАСХНИЛ. В 1964 г. создана Государственная агрохимическая служба.

Широкие агрохимические исследования служат научной основой для развития химизации земледелия, правильного и эффективного применения все возрастающих количеств органических и минеральных удобрений.

ЗНАЧЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ СССР

Химизация земледелия — важнейшее средство повышения урожайности сельскохозяйственных культур, экономически наиболее эффективный путь интенсификации сельского хозяйства.

На важное значение минеральных удобрений для повышения плодородия почв и продуктивности земледелия указывали классики марксизма-ленинизма. К. Маркс писал в «Капитале», что плодородие почвы находится в прямой зависимости от уровня развития химизации и механизации. В. И. Ленин, рассматривая новые данные о законах развития капитализма в земледелии, указывал: «...данные о расходах на удобрение и о стоимости орудий и машин служат самым точным статистическим выражением степени интенсификации земледелия» *.

Производство и применение минеральных удобрений во всем мире непрерывно возрастает. Мировое потребление минеральных удобрений с 1937/38 по 1978/79 г. увеличилось в 12 раз — с 9,1 до 106,7 млн. т питательных веществ, ** что обеспечило значительный рост урожайности всех культур. По оценке западно-европейских ученых и данным научно-исследовательских учреждений нашей страны, не менее 50% всего прироста урожая сельскохозяйственных культур происходит за счет минеральных удобрений. По данным американских ученых, каждый из факторов, определяющих повышение урожайности, имеет следующий удельный вес

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 27, с. 159—160.

** Содержание действующих питательных веществ в азотных удобрениях выражается в пересчете на N, в фосфорных — на P_2O_5 и в калийных — на K_2O .

(в %): удобрения и гербициды — 55—60, благоприятная погода — 15, гибридные семена — 8, ирригация — 5, прочие факторы — 11—18.

В Советском Союзе производство и применение минеральных удобрений растет быстрыми темпами, оказывая значительное влияние на повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

В дореволюционной России не было развитой химической промышленности, минеральные удобрения производились в незначительном количестве (в 1913 г. только 17 тыс. т в пересчете на действующее вещество). За годы Советской власти открыты колоссальные залежи сырья для производства удобрений (апатитов, фосфоритов, калийных солей), создана мощная химическая промышленность и организован выпуск азотных, фосфорных и калийных удобрений.

В 1940 г. производство минеральных удобрений в СССР составило 746 тыс. т в действующем веществе, к 1955 г. производство удобрений увеличилось в 3 раза и затем каждое десятилетие (1955—1965 гг. и 1965—1975 гг.) утраивалось. В 1980 г. производилось минеральных удобрений 25 млн. т и применялось в сельском хозяйстве 19 млн. т питательных веществ. По темпам роста, а также общему объему производства и применения минеральных удобрений СССР занимает первое место в мире.

Развитию химизации сельского хозяйства, расширению производства и применения удобрений в нашей стране придается исключительно большое значение. В Продовольственной программе СССР на период до 1990 г. намечено обеспечить поставку минеральных удобрений сельскому хозяйству в 1990 г. 30—32 млн. т (в пересчете на 100%-ное содержание питательных веществ), химических кормовых добавок — 1,2 млн. т. При этом обеспеченность удобрениями гектара пашни возрастет за период с 1975 г. до 1985 г. в среднем по стране в 1,5 раза, а в Нечерноземной зоне — более чем в 3 раза.

С ростом производства минеральных удобрений они будут использоваться на больших площадях и в более высоких дозах не только под технические, но и под зерновые и кормовые культуры, что обеспечит значительное повышение их урожайности.

Увеличивающееся применение минеральных удобрений под технические культуры (хлопчатник, сахарную свеклу) позволило в короткий срок резко повысить их урожайность.

1. Прибавки урожайности сельскохозяйственных культур от минеральных удобрений

| Культура | Прибавка урожайности (т) от 1 т | | |
|-----------------------|---------------------------------|--|--------------------------|
| | азота (N) | фосфора (P ₂ O ₅) | калия (K ₂ O) |
| Озимая пшеница и рожь | 12—15 | 7—8 | 3—4 |
| Картофель | 100—120 | 50—60 | 40—50 |
| Лен | 1,5—2,5 | 1,2—2,0 | 0,9—1,5 |
| Сахарная свекла | 120—140 | 55—60 | 40—50 |
| Хлопчатник | 10—12 | 5—6 | 2 |

Повышение урожайности зерновых и других культур за последние 15 лет также в значительной степени было обусловлено ростом применения минеральных и органических удобрений.

В таблице 1 приведены средние прибавки урожайности на 1 т действующего вещества минеральных удобрений.

Эффективность минеральных удобрений в разных почвенно-климатических зонах неодинакова и зависит от обеспеченности почв подвижными формами питательных веществ, количества осадков, уровня агротехники и других условий.

Особенно сильное действие удобрения оказывают на всех почвах при орошении, на дерново-подзолистых почвах в Нечерноземной зоне РСФСР, в Белорусской ССР, Прибалтике и Полесье Украины, а также на других почвах в районах достаточного увлажнения.

Минеральные удобрения при правильном применении дают высокий экономический эффект. В первый же год окупаемость их достигает 3—5-кратной величины (табл. 2).

2. Экономическая эффективность минеральных удобрений (данные ВИУА)

| Культура | Средняя прибавка урожайности (ц на 1 га) | Условно чистый доход (руб. на 1 га) |
|-----------------|--|-------------------------------------|
| Зерновые | 8,0 | 33,7 |
| Сахарная свекла | 70,0 | 81,8 |
| Картофель | 60,0 | 180,6 |
| Хлопчатник | 10,0 | 215,1 |
| Лен-долгунец | 1,5 | 271,4 |
| Табак | 5,0 | 599,2 |
| Овощные | 80,0 | 455,2 |

Большое значение для получения высоких и устойчивых урожаев имеет известкование кислых почв и применение органических удобрений.

По данным научных учреждений Нечерноземной зоны, навоз в норме 20—30 т на 1 га дает следующие средние прибавки урожайности (в ц на 1 га): зерновых 6—7, картофеля 60—70, капусты 70—80 и силосных 150—200.

В связи с непрерывным ростом применения удобрений первоочередной задачей является повышение их эффективности. Важной задачей химической промышленности является улучшение качества минеральных удобрений. Рост производства их будет осуществляться преимущественно за счет высококонцентрированных и сложных удобрений. Это дает возможность повысить среднюю концентрацию питательных веществ в удобрениях, уменьшить физическую их массу (при том же количестве питательных веществ в них) и получить существенную экономию труда и средств на транспортировку, хранение и внесение удобрений.

Важное значение имеет также улучшение физико-механических свойств минеральных удобрений. Они должны поставляться сельскому хозяйству в гранулированном виде с прочными гранулами, выравненными по размеру частиц, с низкой влажностью и гигроскопичностью, что позволит готовить качественные тукосмеси и обеспечить равномерное механизированное их внесение.

Для повышения эффективности удобрений большое значение имеют организация правильного хранения и полная механизация работ по их применению. В последние годы принимаются необходимые меры по улучшению материально-технической базы химизации в сельском хозяйстве (строительство складов, обеспечение транспортными средствами, машинами для внесения и т. д.). Это создает необходимые условия для резкого снижения потерь удобрений на пути от завода до поля, для своевременного и качественного их использования.

Для организации научно обоснованного применения минеральных и органических удобрений, химических мелiorантов (известки и гипса) исключительно большое значение имело создание Государственной агрохимической службы в сельском хозяйстве. Основу ее составляли 206 зональных (областных, краевых и республиканских) агрохимических лабораторий (ныне проектно-исследовательские станции химизации), оснащенных современным оборудованием и приборами, что позволило организовать поточное проведение анали-

зов растений, почв и удобрений (до 2000 анализов в смену). В среднем каждая такая лаборатория обслуживает 250 хозяйств с площадью сельхозугодий 2,7 млн. га, в том числе около 1 млн. га пашни. Были созданы также районные и межхозяйственные агрохимлаборатории и лаборатории в некоторых крупных хозяйствах. Научно-методическое руководство агрохимическими лабораториями и контроль за их работой осуществляет Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО) с его филиалами и опорными пунктами. Административное руководство всей системой Госагрохимслужбы осуществляется ныне Всесоюзным производственно-научным объединением «Союзсельхозхимия» Министерства сельского хозяйства СССР.

С учетом агрохимических свойств почвы и результатов полевых опытов агрохимлаборатории разрабатывают конкретные рекомендации хозяйствам по правильному применению удобрений (оптимальные нормы и соотношения, сроки и способы их внесения) для получения планируемых урожаев, которые служат основой для составления ежегодных планов применения удобрений для каждого поля или участка в хозяйствах.

В последние годы агрохимическая служба разрабатывает для хозяйств проектно-сметную документацию по использованию удобрений, известкованию и гипсованию почв, в которой наряду с нормами, сроками и способами внесения удобрений и химических мелиорантов указываются и необходимые затраты материально-денежных средств, планируемая урожайность и экономическая эффективность мероприятий. При разработке рекомендаций и проектно-сметной документации, а также для обобщения результатов полевых опытов и агрохимического обследования почв используют электронно-вычислительные машины.

Для своевременного и качественного выполнения рекомендаций агрохимслужбы по правильному научно обоснованному применению органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов и других химических средств в колхозах и совхозах необходима четкая организация всех работ по их использованию. С этой целью в начале 70-х годов в ряде республик и областей была начата организация централизованного хранения, транспортировки и внесения удобрений, извести, химических средств защиты растений силами специализированных производственных подразделений, а в августе 1979 г. в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О создании единой спе-

циализированной агрохимической службы в стране» организована стройная система производственного агрохимического обслуживания сельского хозяйства *. Производственные подразделения по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства выполняют основные работы по научно обоснованному использованию удобрений и других средств химизации в колхозах и совхозах в соответствии с рекомендациями агрохимических лабораторий и научно-исследовательских учреждений.

Строгое соблюдение научных рекомендаций и правильной технологии применения удобрений и пестицидов — главное условие предотвращения загрязнения окружающей среды. Одной из важнейших функций агрохимической службы является осуществление государственного контроля за выполнением всеми землепользователями существующих правил охраны природы.

* Более подробно о ее структуре, задачах и функциях говорится в главе VIII.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ

В состав растений входит вода и так называемое сухое вещество, представленное органическими и минеральными соединениями. Соотношение между количеством воды и сухого вещества в растениях, их органах и тканях изменяется в широких пределах. Так, содержание сухого вещества в плодах огурцов, бахчевых культур может составлять до 5% общей их массы, в кочанах капусты, корнях редиса и турнепса — 7—10, корнеплодах столовой свеклы, моркови и луковицах лука — 10—15, в вегетативных органах большинства полевых культур — 15—25, корнеплодах сахарной свеклы и клубнях картофеля — 20—25, в зерне хлебных злаков и бобовых культур — 85—90, семенах масличных культур — 90—95%.

Вода. В тканях растущих вегетативных органов растений содержание воды колеблется от 70 до 95%, а в запасяющих тканях семян и в клетках механических тканей — от 5 до 15%. По мере старения растений общий запас и относительное содержание воды в тканях, особенно репродуктивных органов, снижается.

Функции воды в растениях обусловлены присущими ей физическими и химическими свойствами. Она обладает высокой удельной теплоемкостью и благодаря способности испаряться при любой температуре предохраняет растения от перегрева. Вода — прекрасный растворитель для многих соединений, в водной среде происходит электролитическая диссоциация этих соединений и усвоение растениями ионов, содержащих необходимые элементы минерального питания. Высокое поверхностное натяжение воды определяет ее роль в процессах поглощения и передвижения минеральных и органических соединений. Полярные свойства и структурная упорядоченность молекул воды обуславливают гидратацию ионов и молекул низко- и высокомолекулярных соединений в клетках растений.

Вода является не просто наполнителем растительных клеток, но и неотделимой частью их структуры. Оводненность клеток тканей растений обуславливает их тургор (давление жидкости внутри клетки на ее оболочку), является важным фактором интенсивности и направленности разнообразных физиологических и биохимических процессов. При непосредственном участии воды происходит огромное число биохимических реакций синтеза и распада органических соединений в растительных организмах. Особое значение вода имеет в энергетических преобразованиях в растениях, прежде всего в аккумуляции солнечной энергии в виде химических соединений при фотосинтезе. Вода обладает способностью пропускать лучи видимой и близкой к ней ультрафиолетовой части света, необходимой для фотосинтеза, но задерживает определенную часть инфракрасной тепловой радиации.

Содержание воды в растениях зависит от вида и возраста растений, условий водоснабжения, транспирации и в определенной степени от условий минерального питания.

Влагообеспеченность наряду с другими факторами внешней среды оказывает значительное влияние на величину, качество урожая сельскохозяйственных культур и эффективность удобрений.

Сухое вещество растений на 90—95% представлено органическими соединениями — белками и другими азотистыми веществами, углеводами (сахарами, крахмалом, клетчаткой, пектиновыми веществами), жирами, содержание которых определяет качество урожая (табл. 3).

Сбор сухого вещества с товарной частью урожая основных сельскохозяйственных культур может колебаться в очень широких пределах — от 15 до 100 ц и более с 1 га.

Белки и другие азотистые соединения. Белки — основа жизни организмов — играют решающую роль во всех процессах обмена веществ. Белки выполняют структурные и каталитические функции, являются также одним из основных запасных веществ растений.

Содержание белков в вегетативных органах растений обычно составляет 5—20% их массы, в семенах хлебных злаков — 6—20%, а в семенах бобовых и масличных культур — 20—35%.

Белки имеют следующий довольно стабильный элементарный состав (в %): углерод — 51—55, кислород — 21—24, азот — 15—18, водород — 6,5—7, сера — 0,3—1,5.

Растительные белки построены из 20 аминокислот и двух амидов. Особое значение имеет содержание в белках растений

3. Средний химический состав урожая сельскохозяйственных растений, в % (по Б. П. Плешкову)

| Культура | Вода | Белки | Сырой протеин* | Жиры | Крахмал, сахара и другие углеводы, кроме клетчатки | Клетчатка | Зола |
|-----------------------------|------|-------|----------------|------|--|-----------|------|
| Пшеница (зерно) | 12 | 14 | 16 | 2,0 | 65 | 2,5 | 1,8 |
| Рожь (зерно) | 14 | 12 | 13 | 2,0 | 68 | 2,3 | 1,6 |
| Овес (зерно) | 13 | 11 | 12 | 4,2 | 55 | 10,0 | 3,5 |
| Ячмень (зерно) | 13 | 9 | 10 | 2,2 | 65 | 5,5 | 3,0 |
| Рис (очищенное зерно) | 11 | 7 | 8 | 0,8 | 78 | 0,6 | 0,5 |
| Кукуруза (зерно) | 15 | 9 | 10 | 4,7 | 66 | 2,0 | 1,5 |
| Гречиха (зерно) | 13 | 9 | 11 | 2,8 | 62 | 8,8 | 2,0 |
| Горох (зерно) | 13 | 20 | 23 | 1,5 | 53 | 5,4 | 2,5 |
| Фасоль (зерно) | 13 | 18 | 20 | 1,2 | 58 | 4,0 | 3,0 |
| Соя (зерно) | 11 | 29 | 34 | 16,0 | 27 | 7,0 | 3,5 |
| Подсолнечник (ядра) | 8 | 22 | 25 | 50 | 7 | 5,0 | 3,5 |
| Лен (семена) | 8 | 23 | 26 | 35 | 16 | 8,0 | 4,0 |
| Картофель (клубни) | 78 | 1,3 | 2,0 | 0,1 | 17 | 0,8 | 1,0 |
| Сахарная свекла (корни) | 75 | 1,0 | 1,6 | 0,2 | 19 | 1,4 | 0,8 |
| Кормовая свекла (корни) | 87 | 0,8 | 1,5 | 0,1 | 9 | 0,9 | 0,9 |
| Морковь (корни) | 86 | 0,7 | 1,3 | 0,2 | 9 | 1,1 | 0,9 |
| Лук репчатый | 85 | 2,5 | 3,0 | 0,1 | 8 | 0,8 | 0,7 |
| Клевер (зеленая масса) | 75 | 3,0 | 3,6 | 0,8 | 10 | 6,0 | 3,0 |
| Ежа сборная (зеленая масса) | 70 | 2,1 | 3,0 | 1,2 | 10 | 10,5 | 2,9 |

* Сырой протеин включает белки и небелковые азотистые вещества.

так называемых незаменимых аминокислот (валина, лейцина и изолейцина, треонина, метионина, гистидина, лизина, триптофана и фенилаланина), которые не могут синтезироваться в организме человека и животных. Эти аминокислоты люди и животные получают только с растительными пищевыми продуктами и кормами.

Белки различных сельскохозяйственных культур неравноценны по аминокислотному составу, растворимости и переваримости. Поэтому качество растениеводческой продукции оценивается не только по содержанию, но и по усвояемости, полноценности белков на основе изучения их фракционного и аминокислотного состава.

В составе белков находится подавляющая доля азота семян (не менее 90% общего количества в них азота) и вегетативных органов большинства растений (75—90%). В то же

время в клубнях картофеля, корнеплодах и листовых овощах до половины общего количества азота приходится на долю азотистых небелковых соединений. Они представлены в растениях минеральными соединениями (нитраты, аммоний) и органическими (среди которых преобладают свободные аминокислоты и амиды, хорошо усваиваемые в организмах животных и человека). Небольшая часть небелковых органических соединений в растениях представлена пептидами (построенными из ограниченного количества остатков аминокислот и поэтому в отличие от белков имеющими низкую молекулярную массу), а также пуриновыми и пиримидиновыми основаниями (входящими в состав нуклеиновых кислот).

Для оценки качества растениеводческой продукции часто пользуются показателем «сырой протеин», которым выражают сумму всех азотистых соединений (белка и небелковых соединений). Рассчитывают «сырой протеин» путем умножения процентного содержания общего азота в растениях на коэффициент 6,25 (получаемый исходя из среднего (16%) содержания азота в составе белка и небелковых соединений).

Качество зерна пшеницы оценивается по содержанию сырой клейковины, количество и свойства которой определяют хлебопекарные свойства муки. Сырая клейковина — это белковый сгусток, остающийся при отмывании водой теста, замешанного из муки. Сырая клейковина содержит примерно $\frac{2}{3}$ воды и $\frac{1}{3}$ сухих веществ, представленных прежде всего труднорастворимыми (спирто- и щелочерастворимыми) белками. Клейковина обладает эластичностью, упругостью и связанностью, от которых зависит качество выпекаемых из муки изделий. Между содержанием «сырого протеина» в зерне пшеницы и «сырой клейковины» существует определенная коррелятивная зависимость. Количество сырой клейковины можно рассчитать путем умножения процентного содержания сырого протеина в зерне на коэффициент 2,12. Для стимулирования производства и продажи государству пшеницы с повышенным содержанием клейковины установлены соответствующие надбавки к закупочной цене (в размере 30% при содержании сырой клейковины 28—31% и 50% при содержании клейковины более 32%).

Углеводы в растениях представлены сахарами (моносахарами и олигосахаридами, содержащими 2—3 остатка моносахаров) и полисахаридами (крахмалом, клетчаткой, пектиновыми веществами).

Сахара содержатся в небольших количествах во всех сельскохозяйственных растениях, а в корнеплодах и отдельных органах овощных культур, плодах винограда, ягодах и фруктах могут накапливаться в качестве запасных веществ. Преобладающими моносахаридами в большинстве растений являются глюкоза и фруктоза, а олигосахаридами — дисахарид сахароза.

Сладкий вкус многих плодов и ягод связан с содержанием в них глюкозы и фруктозы. Глюкоза в значительных количествах (8—15%) содержится в ягодах винограда, откуда и получила название «виноградный сахар», и составляет до половины общего количества сахаров в плодах и ягодах. Фруктоза, или «плодовый сахар», накапливается в больших количествах в косточковых плодах (6—10%) и содержится в меде. Она слаще глюкозы и сахарозы. В корнеплодах доля моносахаридов среди сахаров невелика (до 1% общего их содержания).

Сахароза — дисахарид, построенный из глюкозы и фруктозы.

Сахароза является основным запасным углеводом в корнях сахарной свеклы (14—22%) и в соке стеблей сахарного тростника (11—25%). Целью выращивания этих растений и является получение сырья для производства сахара, используемого в питании людей. В небольших количествах находится во всех растениях, более высоким ее содержанием (4—8%) отличаются плоды и ягоды, а также морковь, столовая свекла и лук.

Крахмал в небольших количествах содержится во всех зеленых органах растений, но в качестве основного запасного углевода накапливается в клубнях, луковицах и семенах. В клубнях картофеля ранних сортов содержание крахмала 10—14%, средне- и позднеспелых — 16—22%. В расчете на сухую массу клубней это составляет 70—80%. Примерно такое же относительное содержание крахмала в семенах риса и пивоваренного ячменя. В зерне других хлебных злаков крахмала обычно 55—70%. Между содержанием белка и крахмала в растениях существует обратная зависимость. В богатых белками семенах зернобобовых культур крахмала меньше, чем в семенах злаков; еще меньше крахмала в семенах масличных культур.

Крахмал — легко усвояемый организмом людей и животных углевод. При ферментативном (под действием ферментов амилаз) и кислотном гидролизе распадается до глюкозы.

Клетчатка, или *целлюлоза*, — основной компонент клеточных стенок (в растениях она связана с лигнином, пектиновыми веществами и другими соединениями). Волокно хлопчатника на 95—98%, лубяные волокна льна, конопли, джута на 80—90% представлены клетчаткой. В семенах пленчатых злаков (овса, риса, проса) клетчатки содержится 10—15%, а в не имеющих пленок семенах хлебных злаков — 2—3%, в семенах зернобобовых культур — 3—5%, в корнеплодах и клубнях картофеля — около 1%. В вегетативных органах растений содержание клетчатки составляет от 25 до 40% на сухую массу.

Клетчатка — высокомолекулярный полисахарид из неразветвленной цепи глюкозных остатков. Ее усвояемость значительно хуже, чем крахмала, хотя при полном гидролизе клетчатки образуется также глюкоза.

Пектиновые вещества — высокомолекулярные полисахариды, содержащиеся в плодах, корнеплодах и растительных волокнах. В волокнистых растениях они скрепляют между собой отдельные пучки волокон. Свойство пектиновых веществ в присутствии кислот и сахаров образовывать желе или студни используется в кондитерской промышленности.

В основе строения этих полисахаридов лежит цепь из остатков полигалактуроновой кислоты с метильными группировками.

Жиры и жироподобные вещества (липиды) являются структурными компонентами цитоплазмы растительных клеток, а у масличных культур выполняют роль запасных соединений. Количество структурных липидов обычно небольшое — 0,5—1% сырой массы растений, но они выполняют в растительных клетках важные функции, в том числе по регуляции проницаемости мембран. Семена масличных культур и сои используют для получения растительных жиров, называемых маслами.

Среднее содержание жира в семенах важнейших масличных культур и сои следующее (в %): клещевина — до 60; кунжут, мак, маслина — 45—50; подсолнечник — 24—50; лен, конопля, горчица — 30—35; хлопчатник — 25; соя — 20.

По химическому строению жиры — смесь сложных эфиров трехатомного спирта глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. В растительных жирах ненасыщенные кислоты представлены олеиновой, линолевой и линоленовой кислотами, а насыщенные — пальмитиновой и стеарино-

вой кислотами. Состав жирных кислот в растительных маслах определяет их свойства — консистенцию, температуру плавления и способность к высыханию, прогорканию, омылению, а также их пищевую ценность. Линолевая и линоленовая жирные кислоты содержатся только в растительных маслах и являются «незаменимыми» для человека, так как не могут синтезироваться в его организме. Жиры являются наиболее энергетически выгодными запасными веществами — при их окислении выделяется на единицу массы в два раза больше энергии, чем углеводов и белков.

К липидам относятся также фосфатиды, воски, каротиноиды, стеарины и жирорастворимые витамины А, Д, Е и К.

В зависимости от вида и характера использования продукции ценность отдельных органических соединений может быть различной. В зерне злаков основными веществами, определяющими качество продукции, являются белки и крахмал. Большим содержанием белка среди зерновых культур отличается пшеница, а крахмала — рис и пивоваренный ячмень. При использовании ячменя для пивоваренного производства накопление белка ухудшает качество сырья. Нежелательно также накопление белка и небелковых азотистых соединений в корнях сахарной свеклы, используемых для производства сахара. Зернобобовые культуры и бобовые травы отличаются повышенным содержанием белков и меньшим — углеводов, качество их урожая зависит прежде всего от размеров накопления белка. Качество клубней картофеля оценивается по содержанию крахмала. Цель возделывания льна, конопли и хлопчатника — получение волокна, состоящего из клетчатки. Повышенное количество клетчатки в зеленой массе и сене однолетних и многолетних трав ухудшает их кормовые достоинства. Масличные культуры выращиваются для получения жиров — растительных масел, используемых как для пищевых, так и промышленных целей.

Качество продукции сельскохозяйственных культур может зависеть и от наличия других органических соединений — витаминов, алкалоидов, органических кислот и пектиновых веществ, эфирных и горчичных масел.

Содержание отдельных групп органических соединений в сельскохозяйственной продукции может изменяться в зависимости от видовых и сортовых особенностей растений, условий выращивания, способов возделывания и применения удобрений.

Условия питания растений имеют важное значение для повышения валового сбора наиболее ценной части урожая и улучшения его качества. Например, усиление азотного питания увеличивает относительное содержание в растениях белка, а повышение уровня фосфорно-калийного питания обеспечивает большее накопление углеводов — сахарозы в корнях сахарной свеклы, крахмала в клубнях картофеля. Созданием соответствующих условий питания с помощью удобрений можно повысить накопление наиболее ценных в хозяйственном отношении органических соединений в составе сухого вещества растений.

Элементарный состав растений. Сухое вещество растений имеет в среднем следующий элементарный состав (в весовых процентах): углерод — 45, кислород — 42, водород — 6,5, азот и зольные элементы — 6,5. Всего в растениях обнаружено более 70 элементов.

На современном уровне развития научных данных около 20 элементов (в том числе углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо, бор, медь, марганец, цинк, молибден, ванадий, кобальт и йод) считаются, безусловно, необходимыми для растений. Без них невозможны нормальный ход жизненных процессов и завершение полного цикла развития растений. В отношении еще более 10 элементов (в том числе кремния, алюминия, фтора, лития, серебра и др.) имеются сведения об их положительном действии на рост и развитие растений; эти элементы считаются условно необходимыми. Очевидно, что по мере совершенствования методов анализа и биологических исследований общее число элементов в составе растений и список необходимых элементов будут расширены.

Углеводы, жиры и прочие безазотистые органические соединения построены из трех элементов — углерода, кислорода и водорода, а в состав белков и других азотистых органических соединений входит еще и азот. Эти четыре элемента — С, О, Н и N получили название **органогенных**, на их долю в среднем приходится около 95% сухого вещества растений.

При сжигании растительного материала органогенные элементы улетучиваются в виде газообразных соединений и паров воды, а в золе остаются преимущественно в виде окислов многочисленные «зольные» элементы, на долю которых приходится в среднем всего около 5% массы сухого вещества.

Азот и такие зольные элементы, как фосфор, сера, калий, кальций, магний, натрий, хлор и железо, содержатся в растениях в относительно больших количествах (от нескольких процентов до сотых долей процента сухого вещества) и называются **макроэлементами**.

Содержание других необходимых элементов — бора, марганца, меди, цинка, молибдена, ванадия, кобальта и йода — в растениях составляет от тысячных до сотысячных долей процента, и они получили название **микроэлементов**.

Количественные различия в содержании макро- и микроэлементов в составе сухого вещества растений показаны в таблице 4.

4. Содержание атомов основных элементов минерального питания, в тыс. на 1 млрд. атомов, в сухом веществе типичного растения

| Макроэлементы | | Микроэлементы | | Макроэлементы | | Микроэлементы | |
|---------------|--------|---------------|-----|---------------|------|---------------|-------|
| N | 10 000 | B | 3 | Ca | 1840 | Cu | 0,1 |
| P | 1 060 | Mn | 1 | Mg | 1740 | Mo | 0,005 |
| K | 3 760 | Zn | 0,3 | S | 580 | Co | 0,001 |

Fe 130

Относительное содержание азота и зольных элементов в растениях и их органах может колебаться в широких пределах и определяется биологическими особенностями культуры, возрастом и условиями питания.

Количество азота в растениях тесно коррелирует с содержанием белка, а его всегда больше в семенах и молодых листьях, чем в соломе созревших культур. В ботве содержание азота больше, чем в клубнях и корнеплодах. В товарной части урожая основных сельскохозяйственных культур на долю золы приходится от 2 до 5% массы сухого вещества, в молодых листьях и соломе зерновых, ботве корне- и клубнеплодов 6—14%. Наиболее высоким содержанием золы (до 20% и более) отличаются листовые овощи (салат, шпинат).

Состав зольных элементов у растений также имеет существенные различия (табл. 5).

В золе семян зерновых и бобовых культур сумма оксидов фосфора, калия и магния составляет до 90%, а среди них преобладает фосфор (30—50% массы золы). Доля фосфора в золе листьев и соломы значительно меньше, и в ее составе преобладают калий и кальций. Зола клубней картофеля,

5. Примерное содержание отдельных элементов в золе растений,
в % ее массы

| Культура | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | SO ₃ | Na ₂ O | SiO ₂ |
|------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|-----------------|-------------------|------------------|
| Пшеница: | | | | | | | |
| зерно | 48 | 30 | 3 | 12 | 5 | 2 | 2 |
| солома | 10 | 30 | 20 | 6 | 3 | 3 | 20 |
| Горох: | | | | | | | |
| зерно | 30 | 40 | 5 | 6 | 10 | 1 | 1 |
| солома | 8 | 25 | 35 | 8 | 6 | 2 | 10 |
| Картофель: | | | | | | | |
| клубни | 16 | 60 | 3 | 5 | 6 | 2 | 2 |
| ботва | 8 | 30 | 30 | 12 | 8 | 3 | 2 |
| Сахарная свекла: | | | | | | | |
| корни | 15 | 40 | 10 | 10 | 6 | 10 | 2 |
| ботва | 8 | 30 | 15 | 12 | 5 | 25 | 2 |
| Подсолнечник: | | | | | | | |
| семена | 40 | 25 | 7 | 12 | 3 | 3 | 3 |
| стебли | 3 | 50 | 15 | 7 | 3 | 2 | 6 |

корней сахарной свеклы и других корнеплодов представлена преимущественно оксидом калия (40—60% массы золы). В золе корнеплодов содержится значительное количество натрия, а в соломе злаков — кремния. Более высоким содержанием серы отличаются бобовые культуры и растения семейства капустные.

В состав растений в относительно больших количествах входят кремний, натрий и хлор, а также значительное число так называемых **ультрамикроэлементов**, содержание которых исключительно мало — от 10^{-6} до 10^{-8} %. Физиологические функции и абсолютная необходимость этих элементов для растительных организмов еще не окончательно установлены.

**РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ.
ВЫНОС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ С УРОЖАЕМ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Несмотря на резкие различия в количественной потребности, функции каждого необходимого макро- и микроэлемента в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть заменен другим. Недостаток любого макро- или микроэлемента приводит к нарушению обмена веществ

и физиологических процессов у растений, ухудшению их роста и развития, снижению урожая и его качества. При остром дефиците элементов питания у растений появляются характерные признаки голодания.

Азот входит в состав белков, ферментов, нуклеиновых кислот, хлорофилла, витаминов, алкалоидов.

Уровень азотного питания определяет размеры и интенсивность синтеза белка и других азотистых органических соединений в растениях и, следовательно, ростовые процессы. Недостаток азота особенно резко сказывается на росте вегетативных органов. Слабое формирование фотосинтезирующего листового и стеблевого аппарата вследствие дефицита азота, в свою очередь, ограничивает образование органов плодоношения и ведет к снижению урожая и уменьшению количества белка в продукции.

Характерным признаком азотного голодания является торможение роста вегетативных органов растений и появление бледно-зеленой или даже желто-зеленой окраски листьев из-за нарушения образования хлорофилла. Азот повторно используется (реутилизируется) в растениях, поэтому признаки его недостатка проявляются сначала у нижних листьев. Пожелтение начинается с жилок листа и распространяется к краям листовой пластинки. При остром и длительном азотном голодании бледно-зеленая окраска листьев растений переходит в различные тона желтого, оранжевого и красного цвета (в зависимости от вида растений), затем пораженные листья высыхают и преждевременно отмирают.

При нормальном снабжении азотом листья темно-зеленые, растения хорошо кустятся, формируют мощный ассимиляционный стебле-листовой аппарат, а затем полноценные репродуктивные органы.

Избыточное, особенно одностороннее, снабжение растений азотом может вызвать замедление их развития (созревания) и ухудшить структуру урожая. Растения образуют большую вегетативную массу в ущерб товарной части урожая. У корне- и клубнеплодов избыток азота может привести к израстанию в ботву, а у зерновых и льна — к полеганию посевов.

Фосфор играет исключительно важную роль в процессах обмена энергии в растительных организмах. Энергия солнечного света в процессе фотосинтеза и энергия, выделяемая при окислении ранее синтезированных органических соединений в процессе дыхания, аккумулируется в расте-

ниях в виде энергии фосфатных связей у так называемых макроэргических соединений, важнейшим из которых является аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Накопленная в АТФ при фотосинтетическом и окислительном фосфорилировании энергия используется для всех жизненных процессов роста и развития растения, поглощения питательных веществ из почвы, синтеза органических соединений, их транспорта. При недостатке фосфора нарушается обмен энергии и веществ в растениях.

Особенно резко дефицит фосфора сказывается у всех растений на образовании репродуктивных органов. Его недостаток тормозит развитие и задерживает созревание, вызывает снижение урожая и ухудшение качества продукции. Растения при недостатке фосфора резко замедляют рост, листья их приобретают (сначала с краев, а затем по всей поверхности) серо-зеленую, пурпурную или красно-фиолетовую окраску. У зерновых злаков дефицит фосфора снижает кущение и образование плодородных стеблей. Признаки фосфорного голодания обычно проявляются уже на начальных стадиях развития растений, когда они имеют слабо развитую корневую систему и не способны усваивать труднорастворимые фосфаты почвы.

Усиленное снабжение растений фосфором ускоряет их развитие и позволяет получать более ранний урожай, одновременно улучшается качество продукции.

Калий участвует в процессах синтеза и оттока углеводов в растениях, обуславливает водоудерживающую способность клеток и тканей, влияет на устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды и поражаемость культур болезнями.

Внешние признаки калийного голодания проявляются в побурении краев листовых пластинок — «краевом западе». Края и кончики листьев приобретают «обожженный» вид, на пластинках появляются мелкие ржавые крапинки. При недостатке калия клетки растут неравномерно, что вызывает гофрированность, куполообразное закручивание листьев. У картофеля на листьях появляется также характерный бронзовый налет.

Особенно часто недостаток калия проявляется при возделывании более требовательных к этому элементу картофеля, корнеплодов, капусты, силосных культур и многолетних трав. Зерновые злаки менее чувствительны к недостатку калия. Но и они при остром дефиците калия плохо кустятся, междоузлия стеблей укорачиваются, а листья, особенно

нижние, увядают даже при достаточном количестве влаги в почве.

Кальций играет важную роль в фотосинтезе и передвижении углеводов, в процессах усвоения азота растениями. Он участвует в формировании клеточных оболочек, обуславливает обводненность и поддержание структуры клеточных органелл.

Недостаток кальция сказывается прежде всего на состоянии корневой системы растений: рост корней замедляется, не образуются корневые волоски, корни ослизняются и загнивают. При дефиците кальция тормозится также рост листьев, у них появляется хлоротичная пятнистость, затем они желтеют и преждевременно отмирают. Кальций в отличие от азота, фосфора, калия не может повторно использоваться (реутилизироваться), поэтому признаки кальциевого голодания проявляются прежде всего на молодых листьях.

Магний входит в состав хлорофилла, участвует в передвижении фосфора в растениях и углеводном обмене, влияет на активность окислительно-восстановительных процессов. Магний входит также в состав основного фосфорсодержащего запасного органического соединения — фитина. При недостатке магния снижается содержание хлорофилла в зеленых частях растений и развивается хлороз между жилками листа (жилки остаются зелеными). Острый дефицит магния вызывает «раморовидность» листьев, их скручивание и пожелтение.

Сера имеет важное значение в жизни растений. Основное количество ее в растениях находится в составе белков (сера входит в состав аминокислот цистеина, цистина и метионина) и других органических соединений — ферментов, витаминов, горчичных и чесночных масел. Сера принимает участие в азотном, углеводном обмене растений и процессе дыхания, синтезе жиров. Больше серы содержат растения из семейства бобовых и крестоцветных, а также картофель. При недостатке серы образуются мелкие, со светлой желтоватой окраской листья на вытянутых стеблях, ухудшаются рост и развитие растений.

Железо входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений и участвует в синтезе хлорофилла, процессах дыхания и обмена веществ. При недостатке железа (что обычно проявляется только на карбонатных или переувлажненных почвах) вследствие нарушения образования хлорофилла у сельскохозяйственных культур, особенно

винограда и плодовых деревьев, развивается хлороз. Листья теряют зеленую окраску, затем белеют и преждевременно опадают.

Бор оказывает большое влияние на углеводный, белковый и нуклеиновый обмен, ряд других биохимических процессов в растениях. При его недостатке нарушаются синтез и особенно передвижение углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение. Бор не может реутилизироваться в растениях, поэтому при его недостатке прежде всего страдают молодые растущие органы, происходит отмирание точек роста.

Более требовательны к бору и чувствительны к его недостатку корнеплоды, подсолнечник, бобовые, лен, картофель и овощные растения. Дефицит бора вызывает поражение сердцевинной гнилью корнеплодов, появление дуплистости корней. Лен при недостатке бора поражается бактериозом. Отмирание верхушечной точки роста приводит к усиленному образованию боковых побегов, которые также останавливаются в росте, резко снижается выход и качество волокна. У подсолнечника острый дефицит бора вызывает полное отмирание точки роста либо при более позднем проявлении недостатка бора наблюдается ненормальное развитие цветков, пустоцвет и снижение урожая семян. При борном голодании бобовых нарушается развитие клубеньков на корнях и снижается симбиотическая фиксация молекулярного азота из атмосферы, замедляются рост и формирование репродуктивных органов. Картофель при недостатке бора поражается паршой, у плодовых деревьев появляется суховершинность, развиваются наружная пятнистость и опробковение тканей плодов.

Молибдену принадлежит исключительная роль в азотном питании растений. Он участвует в процессах фиксации молекулярного азота (бобовыми в симбиозе с клубеньковыми бактериями и свободноживущими почвенными азотфиксирующими микроорганизмами) и восстановлении нитратов в растениях. Особенно требовательны к наличию молибдена в почве в доступной форме бобовые культуры и овощные растения — капуста, листовые овощи, редис. Внешние признаки недостатка молибдена сходны с признаками азотного голодания — резко тормозится рост растений, вследствие нарушения синтеза хлорофилла они приобретают бледно-зеленую окраску.

Дефицит молибдена ограничивает развитие клубеньков на корнях бобовых, резко тормозит рост растений, они приоб-

регают бледно-зеленую окраску, наблюдаются деформация листовых пластинок и преждевременное отмирание листьев, резко снижается урожай и содержание белка в растениях. Недостаток молибдена при больших дозах азота может приводить к накоплению в растениях, особенно овощных и кормовых, повышенных количеств нитратов, токсичных для животных и человека.

✓ **Марганец** входит в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвующих в процессах дыхания, фотосинтеза, углеводного и азотного обмена растений. Он играет важную роль в усвоении нитратного и аммонийного азота растениями. Наиболее чувствительны к недостатку марганца и требовательны к его наличию в доступной форме в почве свекла и другие корнеплоды, картофель, злаковые, а также яблоня, черешня и малина. Самый характерный симптом марганцевого голодания — точечный хлороз листьев. На листовых пластинках между жилками появляются мелкие желтые хлоротичные пятна, затем пораженные участки отмирают.

✓ **Медь** также входит в состав целого ряда окислительно-восстановительных ферментов и принимает участие в процессах фотосинтеза, углеводного и белкового обмена. Недостаток доступной растениям меди на осушенных торфянисто-болотных почвах с нейтральной или щелочной реакцией вызывает «болезнь обработки», или «белую чуму», у зерновых культур. Заболевание начинается с внезапного побеления и засыхания кончиков листьев. Пораженные растения совсем или частично не образуют колосьев или метелок, а образующиеся соцветия бесплодны либо слабо озернены. При недостатке меди резко снижается урожай зерна, а при остром медном голодании наблюдается полное отсутствие плодоношения.

✓ **Цинк** оказывает многостороннее действие на обмен энергии и веществ в растениях, что обусловлено его участием в составе ряда ферментов и в синтезе ростовых веществ — ауксинов. При недостатке цинка резко тормозится рост растений, нарушается фотосинтез, процессы фосфорилирования, синтез углеводов и белков, обмен фенольных соединений. Специфические признаки цинкового голодания — задержка роста междоузлий, появление хлороза и мелколиственности, развитие розеточности. От недостатка цинка чаще всего страдают плодовые и цитрусовые культуры на нейтральных и слабощелочных карбонатных почвах с высоким содержанием фосфора.

При заболевании «розеточностью» от дефицита цинка на концах молодых побегов образуются мелкие листья, располагающиеся в форме розетки.

При сильном поражении ветви отмирают, что приводит к появлению «суховершинности».

♣ **Кобальт** — микроэлемент, необходимый для биологической фиксации молекулярного азота и являющийся компонентом витамина В₁₂. Недостаток кобальта (внешние признаки сходны с симптомами азотного голодания) может проявляться прежде всего у бобовых культур. При низком содержании кобальта в кормах у животных развивается анемия, резко снижается аппетит и падает продуктивность.

Недостаток или избыток других микроэлементов также приводит к заболеванию людей и животных. Например, низкое содержание йода в почвах, а следовательно, растительной пище и кормах вызывает воспаление щитовидной железы, недостаток марганца — появление бесплодия, меди — малокровия и заболевания рахитом, избыток молибдена — желудочных расстройств и т. д.

Необходимость регулирования питания растений в отношении отдельных элементов в агрономической практике далеко не одинакова. Микроэлементы нужны растениям в ограниченных количествах. Вынос этих элементов с урожаем сельскохозяйственных культур составляет лишь десятки или сотни граммов на 1 га, и потребность во многих из них может полностью удовлетворяться за счет почвы и применяемых органических удобрений, а нередко только за счет запасов в семенах. Однако недостаток отдельных микроэлементов у более требовательных к их наличию культур может проявляться на почвах с низким содержанием доступных для растений форм микроэлементов. Применение микроэлементов в виде соответствующих микроудобрений может в этом случае значительно повысить урожай сельскохозяйственных культур и улучшить качество получаемой продукции.

Такие макроэлементы, как кальций, магний и сера, обычно содержатся в большинстве почв в количествах, достаточных для обеспечения растений. Кроме того, они вносятся в почву с мелиорирующими материалами (известью и гипсом), а также в составе применяемых органических и минеральных удобрений.

Для улучшения питания сельскохозяйственных культур в полевых условиях чаще всего необходимо внесение азота, фосфора и калия.

Общий вынос этих питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур и соотношение потребляемых элементов питания сильно различаются (табл. 6).

6. Примерный вынос основных элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур

| Культуры | Урожай основной продукции, ц с 1 га | Выносятся с урожаем, кг с 1 га | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Зерновые злаковые | 30—35 | 90—110 | 30—40 | 60—90 |
| Зернобобовые | 25—30 | 100—150 | 35—45 | 50—80 |
| Картофель | 200—250 | 120—200 | 40—60 | 180—300 |
| Сахарная свекла | 400—500 | 180—250 | 55—80 | 250—400 |
| Кукуруза (зеленая масса) | 500—700 | 150—180 | 50—60 | 180—250 |
| Капуста | 500—700 | 160—230 | 65—90 | 220—320 |
| Хлопчатник | 30—40 | 160—220 | 50—70 | 180—240 |

Это обусловлено особенностями химического состава растений, колебаниями в уровне формируемого урожая и изменением его структуры.

Относительное содержание элементов минерального питания в основной и побочной продукции разнообразных сельскохозяйственных культур определяется прежде всего их видовыми особенностями, но зависит также от сорта и условий выращивания. Содержание азота и фосфора значительно выше в хозяйственно ценной части урожая— зерне, корне и клубнеплодах, чем в соломе и ботве. Калия же больше содержится в соломе и ботве, чем в говарной части урожая (табл. 7).

Капуста, картофель, сахарная свекла, хлопчатник, подсолнечник, кормовые корнеплоды и силосные культуры для создания высокого урожая потребляют гораздо больше питательных веществ, чем зерновые.

Вынос питательных веществ растениями из почвы возрастает с увеличением урожая. Однако прямая пропорциональность между величиной урожая и размером выноса основных элементов питания часто не наблюдается. При большем уровне урожайности затраты питательных веществ на формирование единицы продукции обычно снижаются.

Содержание в растениях и общий вынос элементов питания с урожаем могут сильно изменяться в зависимости от климатических, почвенных и агротехнических условий.

7. Содержание азота, фосфора и калия в сельскохозяйственных растениях

| Культура | Продукция | Содержание элементов питания | | |
|------------------------------|----------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| <i>В % на сухое вещество</i> | | | | |
| Пшеница озимая | Зерно | 2,80 | 0,85 | 0,50 |
| | Солома | 0,45 | 0,20 | 0,90 |
| Пшеница яровая | Зерно | 3,40 | 0,85 | 0,60 |
| | Солома | 0,67 | 0,20 | 0,75 |
| Ячмень | Зерно | 2,10 | 0,85 | 0,55 |
| | Солома | 0,50 | 0,20 | 1,00 |
| Кукуруза | Зерно | 1,91 | 0,57 | 0,37 |
| | Солома | 0,75 | 0,30 | 1,64 |
| Горох | Зерно | 4,50 | 1,00 | 1,25 |
| | Солома | 1,40 | 0,35 | 0,50 |
| Лен | Семена | 4,00 | 1,35 | 1,00 |
| | Солома | 0,62 | 0,42 | 0,97 |
| Подсолнечник | Семена | 2,61 | 1,39 | 0,96 |
| | Целое растение | 1,56 | 0,76 | 5,25 |

В % на сырую массу

| | | | | |
|-----------------|--------|------|-----------|-----------|
| Картофель | Клубни | 0,32 | 0,14 | 0,60 |
| | Ботва | 0,30 | 0,10 | 0,85 |
| Сахарная свекла | Корни | 0,24 | 0,08 | 0,25 |
| | Ботва | 0,35 | 0,10 | 0,50 |
| Капуста | Кочаны | 0,33 | 0,09—0,12 | 0,27—0,44 |
| Томаты | Плоды | 0,26 | 0,07 | 0,29—0,36 |

В урожае зерновых колосовых культур соотношение N : P₂O₅ : K₂O колеблется в относительно небольших пределах и составляет 2,5—3,0 : 1 : 1,8—2,6, т. е. в среднем потребление азота в 2,8 раза, а калия в 2,2 раза больше, чем фосфора (табл. 8).

Для сахарной свеклы, кормовых и овощных корнеплодов, картофеля, подсолнечника, капусты и ряда других

8. Среднее соотношение N:P₂O₅:K₂O в урожае различных культур

| Культура | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|--------------------|---------|-------------------------------|------------------|
| Зерновые колосовые | 2,8 | 1 | 2,2 |
| Картофель | 2,5—3,5 | 1 | 4—4,5 |
| Сахарная свекла | 2,5—3,5 | 1 | 3,5—5,0 |
| Кормовая свекла | 3,5—4,5 | 1 | 4,5—6,0 |

культур характерно гораздо большее поглощение калия, чем азота, и соотношение $N : P_2O_5 : K_2O$ может составлять 2,5—3,5 : 1 : 3,5—5,0. При выращивании корне- и клубнеплодов, подсолнечника в зависимости от условий возделывания может сильно изменяться структура урожая и наблюдаются резкие различия в размерах потребления основных элементов питания и соотношении между ними. Например, в лесостепных районах на каждые 100 ц урожая корнеплодов и соответствующего количества ботвы сахарная свекла потребляет 50 кг N, 15 P_2O_5 и 60 кг K_2O . В Нечерноземной зоне свекла формирует большее количество ботвы и на каждые 100 ц корнеплодов потребляется 80—100 кг N, 35 P_2O_5 и 145 кг K_2O .

Самое продуктивное использование растениями питательных веществ из почвы и внесенных удобрений обеспечивается при наиболее благоприятных почвенно-климатических условиях, высоком уровне агротехники в сочетании с правильным применением удобрений. Одновременно достигается минимальное потребление элементов питания на единицу урожая товарной сельскохозяйственной продукции. Сред-

9. Примерные затраты основных элементов питания (кг) на создание единицы товарной продукции

| Продукция | Элемент питания, в расчете на | | |
|-----------|-------------------------------|----------|--------|
| | N | P_2O_5 | K_2O |

На 10 ц основной продукции и соответствующее количество побочной

| | | | |
|---|-------|-------|---------|
| Зерно пшеницы, ржи, ячменя, овса | 30—35 | 10—12 | 20—25 |
| Зерно кукурузы | 30—35 | 8—12 | 25—35 |
| Зерно крупяных культур (гречиха, просо) | 30—35 | 10—15 | 30—40 |
| Зерно бобовых (горох, вика) | 60—70 | 12—15 | 20—25 |
| Волокно льна | 70—90 | 35—45 | 65—80 |
| Семена подсолнечника | 55—70 | 25—30 | 170—210 |

На 100 ц основной продукции и соответствующее количество побочной

| | | | |
|-----------------------|-------|-------|--------|
| Клубни картофеля | 50—60 | 15—20 | 70—90 |
| Корни сахарной свеклы | 50—60 | 15—20 | 60—100 |
| Корнеплоды кормовые | 45—60 | 10—20 | 60—120 |
| Кочаны капусты | 30—40 | 12—17 | 40—60 |
| Помидоры | 30—35 | 10—15 | 35—50 |

На 10 ц сена

| | | | |
|----------------------------|-------|-----|-------|
| Сено вики с овсом | 20—25 | 5—7 | 15—25 |
| Сено клевера с тимофеевкой | 15—20 | 5—8 | 15—25 |
| Сено люцерны | 25—30 | 4—7 | 15—20 |

ние размеры потребления азота, фосфора и калия на формирование единицы товарной продукции основных сельскохозяйственных культур приведены в таблице 9.

ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Высшие растения являются автотрофными организмами, т. е. они сами синтезируют органические вещества за счет минеральных соединений *, в то время как для животных и подавляющего большинства микроорганизмов характерен гетеротрофный тип питания — использование органических веществ, ранее синтезированных другими организмами.

Накопление сухого вещества растений происходит благодаря усвоению углекислого газа через листья (так называемое «воздушное питание»), а воды, азота и зольных элементов — из почвы через корни («корневое питание»).

Воздушное питание

Фотосинтез является основным процессом, приводящим к образованию органических веществ в растениях. При фотосинтезе солнечная энергия в зеленых частях растений, содержащих хлорофилл, превращается в химическую энергию, которая используется на синтез углеводов из углекислого газа и воды.

На световой стадии процесса фотосинтеза происходит реакция разложения воды с выделением кислорода и образованием богатого энергией соединения (АТФ) и восстановленных продуктов. Эти соединения участвуют на следующей темновой стадии в синтезе углеводов и других органических соединений из CO_2 .

При образовании в качестве продукта простых углеводов (гексоз) суммарное уравнение фотосинтеза выглядит следующим образом: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 2874 \text{ кДж} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$.

Путем дальнейших превращений из простых углеводов в растениях образуются более сложные углеводы, а также другие безазотистые органические соединения. Синтез аминокислот, белка и других органических азотсодержащих

* Доказана принципиальная возможность непосредственного усвоения растениями таких органических соединений, как витамины, антибиотики, ростовые вещества, аминокислоты. Однако количественная сторона усвоения этих органических веществ очень незначительна и имеет весьма ограниченное значение в питании растений,

соединений в растениях осуществляется за счет минеральных соединений азота (а также фосфора и серы) и промежуточных продуктов обмена — синтеза и разложения — углеводов. На образование разнообразных сложных органических веществ, входящих в состав растений, затрачивается энергия, аккумулированная в виде макроэргических фосфатных связей АТФ (и других макроэргических соединений) при фотосинтезе и выделяемая при окислении — в процессе дыхания — ранее образованных органических соединений.

Интенсивность фотосинтеза и накопление сухого вещества зависят от освещения, содержания углекислого газа в воздухе, обеспеченности растений водой и элементами минерального питания.

При фотосинтезе растения усваивают углекислоту, поступившую через листья из атмосферы. Лишь небольшая часть CO_2 (до 5% общего потребления) может поглощаться растениями через корни. Через листья растения могут усваивать серу в виде SO_2 из атмосферы, а также азот и зольные элементы из водных растворов при некорневых подкормках растений. Однако в естественных условиях через листья осуществляется главным образом углеродное питание, а основным путем поступления в растения воды, азота и зольных элементов является корневое питание.

Корневое питание

Азот и зольные элементы поглощаются из почвы деятельной поверхностью корневой системы растений в виде ионов (анионов и катионов). Так, азот может поглощаться в виде аниона NO_3^- и катиона NH_4^+ (только бобовые растения способны в симбиозе с клубеньковыми бактериями усваивать молекулярный азот атмосферы), фосфор и сера — в виде анионов фосфорной и серной кислот — H_2PO_4^- и SO_4^{2-} , калий, кальций, магний, натрий, железо — в виде катионов K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , а микроэлементы — в виде соответствующих анионов или катионов.

Растения усваивают ионы не только из почвенного раствора, но и ионы, поглощенные коллоидами. Более того, растения активно (благодаря растворяющей способности корневых выделений, включающих угольную кислоту, органические кислоты и аминокислоты) воздействуют на твердую фазу почвы, переводя необходимые питательные вещества в доступную форму.

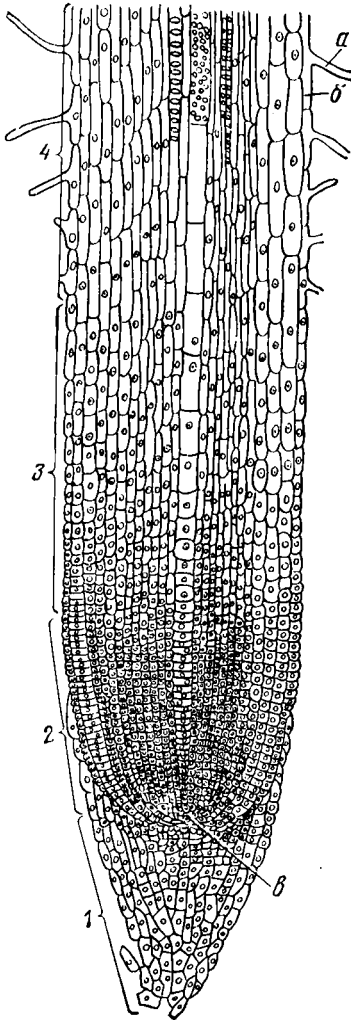


Рис. 2. Первичное строение корня (схема):

1 — корневой чехлик; 2 — зона делящихся клеток; 3 — зона растяжения клеток; 4 — зона корневых волосков; а — волоски; б — эпидеяма; в — инициальные клетки.

Корневая система растений и ее поглотительная способность. Мощность корневой системы, ее строение и характер распределения в почве у разных видов растений резко различаются. Для примера достаточно сравнить известные всем слабо развитые корешки салата с корневой системой капусты, картофеля или томатов, сопоставить объемы почвы, которые охватывают корни таких корнеплодов, как редис и сахарная свекла. Активная часть корней, благодаря которой происходит поглощение элементов минерального питания из почвы, представлена молодыми растущими корешками. По мере нарастания каждого отдельного корешка верхняя его часть утолщается, покрывается снаружи опробковевшей тканью и теряет способность к поглощению питательных веществ. Рост корня происходит у самого его кончика, защищенного корневым чехликом (рис. 2). В

непосредственной близости к окончанию корешков располагается зона делящихся меристематических клеток. Выше ее находится зона растяжения, в которой наряду с увеличением объема клеток и образованием в них центральной вакуоли начинается дифференциация тканей с формированием флоэмы — нисходящей части сосудисто-проводящей системы растений, по которой происходит передвижение

органически веществ из надземных органов в корень. На расстоянии 1—3 мм от кончика растущего корня находится зона образования корневых волосков. В этой зоне завершается формирование и восходящей части проводящей системы — ксилемы, по которой осуществляется передвижение воды (а также части поглощенных ионов и синтезированных в корнях органических соединений) от корня в надземную часть растений.

Корневые волоски представляют собой тонкие выросты наружных клеток с диаметром 5—72 мкм и длиной от 80 до 1500 мкм. Число корневых волосков достигает несколько сотен на каждый миллиметр поверхности корня в этой зоне. За счет образования корневых волосков резко, в десятки раз, возрастает деятельная, способная к поглощению питательных веществ поверхность корневой системы, находящаяся в контакте с почвой (табл. 10).

10. Сравнительное развитие корней и корневых волосков у различных культур

| Культура | Корни | | Корневые волоски | | |
|----------------|----------|------------------------------|------------------|----------|------------------------------|
| | длина, м | поверхность, см ² | число, млн. | длина, м | поверхность, см ² |
| Овес | 4,6 | 316 | 6,3 | 74 | 3 419 |
| Рожь | 6,4 | 503 | 12,5 | 1549 | 7 677 |
| Соя | 2,9 | 406 | 6,1 | 60 | 277 |
| Мятлик луговой | 38,4 | 2129 | 51,6 | 5166 | 15 806 |

Примечание. Определение длины и поверхности корней и корневых волосков проводилось в полевых условиях в пробе почвы, отобранной буром диаметром 7,5 см на глубину 15 см.

Влияние корневой системы распространяется на большой объем почвы благодаря постоянному росту корней и возобновлению корневых волосков. Старые корневые волоски (продолжительность жизни каждого корневого волоска составляет несколько суток) отмирают, а новые непрерывно образуются уже на других участках растущего корешка. На том участке корня, где корневые волоски отмерли, кожа пробковевает, поступление воды и поглощение питательных веществ из почвы через нее ограничивается. Скорость роста корней у однолетних пшелевых культур может достигать 1 см в сутки. Растущие молодые корешки извлекают необходимые ионы из почвенного раствора на

расстоянии от себя до 20 мм, а поглощенные почвой ионы — до 2—8 мм.

По мере нарастания корня происходит, следовательно, непрерывное пространственное перемещение зоны активного поглощения в почве. При этом наблюдается явление **хемотропизма**, сущность которого заключается в том, что корневая система растений усиленно растет в направлении расположения доступных питательных веществ (положительный хемотропизм) либо ее рост тормозится в зоне высокой, неблагоприятной для растений концентрации солей (отрицательный хемотропизм). Недостаток элементов питания растений в доступной форме вызывает, как правило, образование относительно большей массы корней, чем при высоком уровне минерального питания.

Наиболее интенсивно поглощение ионов осуществляется в зоне образования корневых волосков, и поступившие ионы передвигаются отсюда в надземные органы растений. Необходимо отметить, что корень является не только органом поглощения, но и синтеза отдельных органических соединений, в том числе аминокислот и белков. Последние используются для обеспечения жизнедеятельности и процессов роста самой корневой системы, а также частично транспортируются в надземные органы.

Поглощение питательных веществ растениями через корни. За счет сосущей силы, возникающей при испарении влаги через устьица листьев, и нагнетающего действия корней находящиеся в почвенном растворе ионы минеральных солей вместе с током воды могут поступать сначала в полые межклетники и поры клеточных оболочек молодых корешков, а затем транспортироваться в надземную часть растений по ксилеме — восходящей части сосудисто-проводящей системы, состоящей из омертвевших клеток без перегородок, лишенных живого содержимого. Однако внутрь живых клеток корня (как и надземных органов), имеющих наружную полупроницаемую цитоплазматическую мембрану, поглощенные и транспортируемые с водой ионы могут проникать «пассивно» — без дополнительной затраты энергии — только по градиенту концентрации — от большей к меньшей за счет процесса диффузии либо при наличии соответствующего электрического потенциала (для катионов — отрицательного, а анионов — положительного) на внутренней поверхности мембраны по отношению к наружному раствору.

В то же время хорошо известно, что концентрация отдельных ионов в клеточном соке, как и в пасоке растений

(транспортируемой по ксилеме из корней в надземные органы) чаще всего значительно выше, чем в почвенном растворе. В этом случае поглощение питательных веществ растениями должно происходить против градиента концентрации и невозможно за счет диффузии.

Растения одновременно поглощают как катионы, так и анионы. При этом отдельные ионы поступают в растение совсем в другом соотношении, чем они содержатся в почвенном растворе. Одни ионы поглощаются корнями в большем, другие — в меньшем количестве и с разной скоростью даже при одинаковой их концентрации в окружающем растворе. Совершенно очевидно, что пассивное поглощение, основанное на явлениях диффузии и осмоса, не может иметь существенного значения в питании растений, носящем ярко выраженный избирательный характер.

Исследования с применением меченых атомов убедительно показали также, что поглощение питательных веществ и дальнейшее их передвижение в растении происходит со скоростью, которая в сотни раз превышает возможную за счет диффузии и пассивного транспорта по сосудисто-проводящей системе с током воды.

Кроме того, не существует прямой зависимости поглощения питательных веществ корнями растений от интенсивности транспирации, от количества поглощенной и испарившейся влаги.

Все это подтверждает положение, что поглощение питательных веществ растениями осуществляется не просто путем пассивного всасывания корнями почвенного раствора вместе с содержащимися в нем солями, а является активным физиологическим процессом, который неразрывно связан с жизнедеятельностью корней и надземных органов растений, с процессами фотосинтеза, дыхания и обмена веществ и обязательно требует затраты энергии.

Схематически процесс поступления элементов питания в корневую систему растений выглядит следующим образом.

К внешней поверхности цитоплазматической мембраны корневых волосков и наружных клеток молодых корешков ионы минеральных солей передвигаются из почвенного раствора с током воды и за счет процесса диффузии.

Клеточные оболочки имеют довольно крупные поры или каналы и легкопроницаемы для ионов. Более того, целлюлозно-пектиновые стенки обладают высокой сорбирующей способностью. Поэтому в пространстве каналов клеточных оболочек и межклетников не только свободно передвигают-

ся, но и концентрируются ионы из почвенного раствора. Здесь создается как бы своеобразный фонд ионов минеральных солей для последующего поступления внутрь клетки.

Первым этапом поступления является поглощение (адсорбция) ионов на наружной поверхности цитоплазматической мембраны. Она состоит из двух слоев фосфолипидов, между которыми встроены молекулы белков. Благодаря мозаичной структуре отдельные участки цитоплазматической мембраны имеют отрицательные и положительные заряды, за счет которых может происходить одновременно адсорбция необходимых растению катионов и анионов из наружной среды в обмен на другие ионы.

Обменным фондом катионов и анионов у растений могут являться ионы H^+ и OH^- , а также H^+ и HCO_3^- , образующиеся при диссоциации угольной кислоты, выделяемой при дыхании.

Адсорбция ионов на поверхности цитоплазматической мембраны носит обменный характер и не требует затраты энергии. В обмене принимают участие не только ионы почвенного раствора, но и ионы, поглощенные почвенными коллоидами. Вследствие активного поглощения растениями ионов, содержащих необходимые элементы питания, их концентрация в зоне непосредственного контакта с корневыми волосками снижается. Это облегчает вытеснение аналогичных ионов из поглощенного почвой состояния в почвенный раствор (в обмен на другие ионы).

Транспорт адсорбированных ионов с наружной стороны цитоплазматической мембраны на внутреннюю против градиента концентрации и против электрического потенциала требует обязательной затраты энергии. Механизм такой «активной» перекачки весьма сложен. Она осуществляется с участием специальных «переносчиков» и так называемых ионных насосов, в функционировании которых важная роль принадлежит белкам, обладающим АТФ-азной активностью. Активный транспорт внутрь клетки через мембрану одних ионов, содержащих необходимые растениям элементы питания, сопряжен с встречным транспортом наружу других ионов, находящихся в клетке в функционально избыточном количестве.

Первоначальный этап поглощения питательных веществ растениями из почвенного раствора — адсорбция ионов на поглощающей поверхности корня — постоянно возобновляется, поскольку адсорбированные ионы непрерывно перемещаются внутрь клеток корня.

Поступившие в клетку ионы в неизменном виде либо уже в форме транспортных органических соединений, синтезируемых в корнях, передвигаются в надземные органы — стебли и листья, в места наиболее интенсивной их ассимиляции. Активный транспорт питательных веществ из клетки в клетку осуществляется по плазмодесмам, соединяющим цитоплазму клеток растений в единую систему — так называемый симпласт. При передвижении по симпласту часть ионов и метаболитов может выделяться в межклеточное пространство и передвигаться к местам усвоения пассивно с восходящим током воды по ксилеме.

Поглощение корнями и транспорт питательных веществ тесно связаны с процессами обмена веществ и энергии в растительных организмах, с жизнедеятельностью и ростом как надземных органов, так и корней.

Процесс дыхания является источником энергии, необходимой для активного поглощения элементов минерального питания. Этим обуславливается тесная связь между интенсивностью поглощения растениями элементов питания и интенсивностью дыхания корней. При ухудшении роста корней и торможении дыхания (при недостатке кислорода в условиях плохой аэрации или избыточном увлажнении почвы) поглощение питательных веществ резко ограничивается.

Для нормального роста и дыхания корней необходим постоянный приток к ним энергетического материала — продуктов фотосинтеза (углеводов и других органических соединений) из надземных органов. При ослаблении фотосинтеза уменьшается образование и передвижение ассимилятов в корни, вследствие чего ухудшается жизнедеятельность и снижается поглощение питательных веществ из почвы.

Избирательное поглощение ионов растениями. Физиологическая реакция солей. Различные элементы питания в неодинаковой степени используются в процессах внутриклеточного обмена в растении для синтеза органических веществ и построения новых органов и тканей. Этим определяется неравномерность поступления отдельных ионов в корни, избирательное поглощение их растениями. Больше поступает в растение из почвы тех ионов, которые более необходимы для синтеза органических веществ, для построения новых клеток, тканей и органов.

Если в растворе присутствует NH_4Cl , то растения будут интенсивнее и в больших количествах поглощать (в обмен на ионы водорода) катионы NH_4^+ , поскольку они исполь-

зуются для синтеза аминокислот, а затем и белков. В то же время ионы Cl^- необходимы растению в небольшом количестве, и поэтому поглощение их будет ограниченным. В почвенном растворе в этом случае будут накапливаться ионы H^+ и Cl^- (соляная кислота), произойдет его подкисление.

Если в растворе содержится NaNO_3 , то растение будет в больших количествах и быстрее поглощать анноны NO_3^- в обмен на анноны HCO_3^- . В растворе будут накапливаться ионы Na^+ и HCO_3^- (NaHCO_3), произойдет его подщелачивание.

Избирательное поглощение растениями катионов и анионов из состава соли обуславливает ее физиологическую кислотность или физиологическую щелочность.

Соли, из состава которых в больших количествах поглощается анион, чем катион, — NaNO_3 , KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — и в результате происходит подщелачивание раствора, являются физиологически щелочными.

Соли, из которых катион поглощается растениями в больших количествах, чем анион, — NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, KCl , K_2SO_4 — и в результате происходит подкисление раствора, являются физиологически кислыми.

Физиологическая реакция солей, используемых в качестве минеральных удобрений, обязательно должна учитываться во избежание ухудшения условий роста и развития сельскохозяйственных культур.

Влияние условий внешней среды и микроорганизмов на поглощение питательных веществ растениями

Поглощение растениями питательных веществ в большой степени зависит от свойств почвы — реакции и концентрации почвенного раствора, температуры, аэрации, влажности, содержания в почве доступных форм питательных веществ, продолжительности и интенсивности освещения и других условий внешней среды. Поступление питательных веществ в растение заметно снижается при плохой аэрации почвы, низкой температуре, избытке или резком недостатке влаги в почве. Особенно сильное влияние на поступление питательных веществ оказывают реакция почвенного раствора, концентрация и соотношение солей в нем. При избыточной концентрации солей в почвенном растворе (например, в засоленных почвах) поглощение растениями воды и питательных веществ резко замедляется.

Корни растений имеют очень высокую усвояющую способность и могут поглощать питательные вещества из сильно разбавленных растворов.

Важное значение для нормального развития корней имеет также соотношение солей в растворе, его физиологическая уравновешенность. Физиологически уравновешенным называется раствор, в котором отдельные питательные вещества находятся в таких соотношениях, при которых происходит наиболее эффективное использование их растением. Раствор, представленный какой-либо одной солью, физиологически неуравновешен.

Одностороннее преобладание (высокая концентрация) в растворе одной соли, особенно избыток какого-либо одновалентного катиона, оказывает вредное действие на растение. Развитие корней происходит лучше в многосолевом растворе. В нем проявляется антагонизм ионов, каждый ион взаимно препятствует избыточному поступлению другого иона в клетки корня. Например, Ca^{2+} в высоких концентрациях тормозит избыточное поступление K^+ , Na^+ или Mg^{2+} , и наоборот. Такие же антагонистические отношения существуют и для ионов K^+ и Na^+ , K^+ и NH_4^+ , K^+ и Mg^{2+} , NO_3^- и H_2PO_4^- , Cl^- и H_2PO_4^- и др.

Физиологическая уравновешенность легче всего восстанавливается при введении в раствор солей кальция. При наличии кальция в растворе создаются нормальные условия для развития корневой системы, поэтому в искусственных питательных смесях Ca^{2+} должен преобладать над другими ионами.

Особенно сильно ухудшается развитие корней и поступление в них питательных веществ при высокой концентрации ионов водорода, т. е. при повышенной кислотности раствора. Высокая концентрация в растворе ионов водорода оказывает отрицательное влияние на физико-химическое состояние цитоплазмы клеток корня. Наружные клетки корня ослизняются, нарушается их нормальная проницаемость, ухудшается рост корней и поглощение ими питательных веществ. Отрицательное действие кислой реакции сильнее проявляется при отсутствии или недостатке других катионов, особенно кальция, в растворе. Кальций тормозит поступление ионов H^+ , поэтому при повышенном количестве кальция растения способны переносить более кислую реакцию, чем без кальция (табл. 11).

Реакция раствора оказывает влияние на интенсивность поступления отдельных ионов в растение и обмен веществ.

11. Влияние CaCl_2 на рост корней пшеницы при различной кислотности раствора

| Вариант опыта | Средняя длина корней (мм) при pH | | | | |
|---------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | 5,3 | 4,9 | 4,7 | 4,3 | 4,0 |
| Без CaCl_2 | 25 | 29 | 24 | 3 | 0 |
| С CaCl_2 | 64 | 64 | 70 | 67 | 48 |

При кислой реакции повышается поступление анионов (вместе с ионами H^+), но затрудняется поступление катионов, нарушается питание растений кальцием и магнием и тормозится синтез белка, подавляется образование сахаров в растении. При щелочной реакции усиливается поступление катионов и затрудняется поступление анионов.

Основной запас питательных веществ находится в почве в форме различных труднорастворимых соединений, для усвоения которых необходимо активное воздействие корней на твердую фазу почвы и тесный контакт между корнями и частицами почвы. В процессе жизнедеятельности растений корни выделяют в окружающую среду углекислоту и некоторые органические кислоты, а также ферменты и другие органические вещества. Под влиянием этих выделений, концентрация которых бывает особенно высокой в зоне непосредственного контакта корней с частицами почвы, происходит растворение содержащихся в ней минеральных соединений фосфора, калия и кальция, вытеснение в раствор катионов из поглощенного почвой состояния, высвобождение фосфора из его органических соединений.

Питательные вещества наиболее активно усваиваются растениями из той части почвы, которая находится в непосредственном контакте с корнями. Поэтому все мероприятия, способствующие лучшему развитию корней (хорошая обработка почвы, известкование кислых почв и т. д.), обеспечивают и лучшее использование растениями питательных веществ из почвы.

Питание растений осуществляется при тесном взаимодействии с окружающей средой, в том числе с огромным количеством разнообразных микроорганизмов, населяющих почву. Количество микроорганизмов особенно велико в ризосфере, т. е. в той части почвы, которая непосредственно соприкасается с поверхностью корней. Используя в качестве источника пищи и энергетического материала корневые выделения, микроорганизмы активно развиваются на кор-

нях и вблизи них и способствуют мобилизации питательных веществ почвы.

Ризосферные и почвенные микроорганизмы играют важную роль в превращении питательных веществ и вносимых в почву удобрений. Микроорганизмы разлагают находящиеся в почве органические вещества и вносимые органические удобрения, в результате чего содержащиеся в них элементы питания переходят в усвояемую для растений минеральную форму. Некоторые микроорганизмы способны разлагать труднорастворимые минеральные соединения фосфора и калия и переводить их в доступную для растений форму. Ряд бактерий, усваивая молекулярный азот воздуха, обогащает почву азотом. С жизнедеятельностью микроорганизмов связано также образование в почве гумуса.

При определенных условиях в результате деятельности микроорганизмов питание и рост растений могут ухудшаться. Микроорганизмы, как и растения, потребляют для питания и построения своих тел азот и зольные элементы, т. е. являются конкурентами растений в использовании минеральных веществ. Не все микроорганизмы полезны для растений. Некоторые из них выделяют ядовитые для растений вещества или являются возбудителями различных заболеваний. В почве имеются также микробы, восстанавливающие нитраты до молекулярного азота (денитрификаторы), в результате их деятельности происходят потери азота из почвы в газообразной форме.

В связи с этим одна из важных задач земледелия — создание соответствующими приемами агротехники благоприятных условий для развития полезных микроорганизмов и ухудшение условий для развития вредных.

Отношение растений к условиям питания в разные периоды роста

В разные периоды роста растения предъявляют неодинаковые требования к условиям внешней среды, в том числе и к питанию. Поглощение растениями азота, фосфора и калия в течение вегетации происходит неравномерно.

Следует различать критический период питания (когда размеры потребления могут быть ограниченными, но недостаток элементов питания в это время резко ухудшает рост и развитие растений) и период максимального поглощения, который характеризуется наиболее интенсивным потреблением питательных веществ.

Рассмотрим общие закономерности в потреблении питательных веществ растениями в течение вегетации. В начальный период развития растения потребляют относительно небольшие абсолютные количества всех питательных веществ, но весьма чувствительны как к недостатку, так и к избытку их в растворе.

Начальный период роста — критический в отношении фосфорного питания. Недостаток фосфора в раннем возрасте настолько сильно угнетает растения, что урожай резко снижается даже при обильном питании фосфором в последующие периоды (табл. 12).

12. Влияние периодического питания растений ячменя фосфором на урожай (вегетационный опыт Н. С. Авдонина)

| Условия питания | Урожай, % | |
|--|-----------|-------|
| | общий | зерно |
| Нормальное питание фосфором с начала вегетации | 100 | 100 |
| Растения не получали фосфора первые 15 дней | 17,4 | 0 |
| Растения не получали фосфора в период от 45 до 60 дней | 102 | 104 |

Вследствие высокой напряженности синтетических процессов при слаборазвитой еще корневой системе молодые растения особенно требовательны к условиям питания. Следовательно, в прикорневой зоне в этот период питательные вещества должны находиться в легкорастворимой форме, но концентрация их не должна быть высокой, с преобладанием фосфора над азотом и калием. Обеспечение достаточного уровня снабжения всеми элементами с начала вегетации имеет важное значение для формирования урожая. Так, у злаковых зерновых культур уже в период разветвления первых трех-четырёх листочков начинается закладка и дифференциация репродуктивных органов — колоса или метелки. Недостаток азота в этот период даже при усиленном питании в последующем приводит к уменьшению числа колосков в метелке или колосе и снижению урожая.

Размеры потребления всех элементов питания растениями значительно возрастают в период интенсивного роста надземных органов — стеблей и листьев. Темпы накопления сухого вещества могут опережать поступление питательных веществ, а относительное их содержание в расте-

ниях снижается по сравнению с предшествующим периодом. Ведущая роль в ростовых процессах принадлежит азоту. Повышенное азотное питание способствует усиленному росту вегетативных органов, формированию мощного ассимиляционного аппарата. Недостаток же азота в этот период приводит к угнетению роста, а в последующем — к снижению урожая и его качества.

Ко времени цветения и начала плодообразования потребность в азоте у большинства растений уменьшается, но возрастает роль фосфора и калия. Это обусловлено физиологической ролью последних — их участием в синтезе и передвижении органических соединений, обмене энергии, особенно интенсивно происходящих при формировании репродуктивных органов и образовании запасных веществ в товарной части урожая.

В период плодообразования, когда нарастание вегетативной массы заканчивается, потребление всех питательных веществ постепенно снижается, а затем их поступление приостанавливается. Дальнейшее образование органического вещества и другие процессы жизнедеятельности обеспечиваются в основном за счет повторного использования (реутилизации) питательных веществ, ранее накопленных в растении.

Различные сельскохозяйственные культуры отличаются по размерам и интенсивности поглощения питательных элементов в течение вегетационного периода. Все зерновые злаковые (за исключением кукурузы), лен, конопля, ранний картофель, некоторые овощные культуры отличаются коротким периодом интенсивного питания — основное количество питательных веществ потребляют в сжатые сроки. Например, озимая рожь уже за осенний период поглощает 25—30% всего количества питательных веществ, тогда как сухая масса растений за этот период достигает всего лишь 10% конечного урожая.

Яровая пшеница за сравнительно короткий промежуток — от выхода в трубку до конца колошения (около месяца) — потребляет $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ всего количества питательных веществ.

Средне- и позднеспелые сорта картофеля наибольшее количество питательных веществ потребляют в июле: за этот месяц поглощается почти 40% азота, более 50 — фосфора и 60% калия от конечного содержания их в урожае. Ранние сорта картофеля отличаются еще более сжатым сроком интенсивного потребления питательных веществ.

Лен имеет ярко выраженный период максимального потребления элементов минерального питания — от фазы бутонизации до цветения, а хлопчатником основное количество питательных веществ потребляется с начала бутонизации до массового образования волокна в коробочках.

Некоторые растения, например подсолнечник и сахарная свекла, характеризуются более плавным и растянутым потреблением питательных веществ, поглощение которых продолжается почти до конца вегетации.

Отдельные элементы питания поглощаются растениями с различной интенсивностью: у кукурузы, например, наиболее быстрыми темпами идет потребление калия, затем азота и значительно медленнее поглощается фосфор.

Поглощение калия полностью заканчивается к периоду образования метелок, а азота — к периоду формирования зерна. Поступление фосфора более растянуто и продолжается почти до конца вегетации.

Конопля в первый месяц очень интенсивно поглощает азот и калий. Поступление азота полностью завершается через 3, а калия — через 5 недель после появления всходов, тогда как интенсивное поглощение фосфора продолжается почти до конца вегетации.

Потребление основных элементов питания сахарной свеклой также происходит неравномерно. В первую декаду после всходов отношение $P : N : K$ в растениях равно $1,0 : 1,5 : 1,4$. Затем в период интенсивного нарастания листьев это соотношение изменяется в сторону увеличения поглощения азота и калия, составляя в мае $1,0 : 2,5 : 3,0$, в июне — $1,0 : 3,0 : 3,5$, в июле $1,0 : 4,0 : 4,0$. В августе, когда происходит образование корней и накопление в них сахара, соотношение между этими элементами становится $1,0 : 3,6 : 5,5$, т. е. особенно сильно увеличивается поглощение калия. Слишком обильное азотное питание в период образования корня и накопления в нем сахара нежелательно, так как стимулирует рост ботвы в ущерб росту корня и сахаронакоплению. В этот период очень большое значение имеет достаточный уровень обеспеченности растений калием и фосфором.

Неодинаковая количественная потребность и интенсивность поглощения растениями отдельных элементов питания должна учитываться при разработке системы применения удобрений. Особенно важно обеспечить благоприятные условия питания растений с начала вегетации и в периоды максимального поглощения. Это достигается соче-

танием различных способов внесения удобрений: в основное удобрение до посева, при посеве и в подкормки. Задача **основного удобрения** — обеспечение питания растений на протяжении всей вегетации, поэтому до посева в большинстве случаев применяют полную норму * органических удобрений и подавляющую часть минеральных. **Припосевное удобрение** (в рядки, при посадке в лунки, гнезда) в относительно небольших дозах вносят для снабжения растений в начальный период развития легкодоступными формами питательных веществ, прежде всего фосфора. Для снабжения растений элементами питания в наиболее ответственные периоды вегетации применяются **подкормки** в дополнение к основному и припосевному удобрению (в отдельных случаях в подкормки может вноситься значительная доля общей нормы удобрений, например азота под озимые, хлопчатник и т. д.). Выбор срока, способа внесения удобрений и заделки их в почву зависит не только от особенностей биологии, питания и агротехники культур, но и от почвенно-климатических условий, вида и формы удобрений.

Регулируя условия питания растений по периодам роста в соответствии с их потребностью путем внесения удобрений, можно направленно воздействовать на величину урожая и его качество.

* Термином «норма» обозначают общее количество удобрений, применяемое под культуру, а «доза» — применяемое в один отдельный срок (до посева, в рядки или подкормку) количество удобрений.

ГЛАВА III

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В СВЯЗИ С ПИТАНИЕМ РАСТЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

Для правильного применения удобрений необходимо не только учитывать потребности растений в элементах питания в разные периоды роста, но и знать химический состав, биологические, физико-химические и химические свойства почвы, которые определяют уровень ее плодородия и характер превращения в ней внесенных удобрений.

СОСТАВ ПОЧВЫ

Почва состоит из твердой, жидкой (почвенный раствор) и газовой (почвенный воздух) фаз.

Почвенный воздух отличается от атмосферного повышенным содержанием углекислого газа (в среднем около 1%, иногда до 2—3% и более) и меньшим — кислорода. Состав почвенного воздуха зависит от интенсивности газообмена между почвой и атмосферой. Образование углекислого газа в почве происходит в результате разложения органического вещества микроорганизмами и дыхания корней. Образующийся углекислый газ частично выделяется из почвы в атмосферу, улучшая воздушное питание растений, а частично растворяется в почвенной влаге, образуя угольную кислоту ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$). Последняя вызывает подкисление раствора, в результате чего усиливается растворение и перевод в усвояемую для растений форму содержащихся в почве нерастворимых минеральных соединений P, K, Ca, Mg и др.

При избыточном увлажнении почвы и плохой аэрации содержание углекислоты в почвенном воздухе повышается, а количество кислорода снижается до 8—12% и менее, что отрицательно сказывается на развитии растений и микроорганизмов.

Почвенный раствор — наиболее подвижная и активная часть почвы. Он является непосредственным источником воды и питательных веществ для растений. Состав и концентрация его изменяются в результате разнообразных биологических, химических и физико-химических процессов. Между жидкой, газообразной и твердой фазами почвы постоянно устанавливается подвижное (динамическое) равновесие. Поступление солей в почвенный раствор зависит от хода процессов выветривания и разрушения минералов, разложения органического вещества в почве, внесения органических и минеральных удобрений.

Концентрация почвенного раствора незасоленных почв невелика и колеблется от десятых долей грамма до нескольких граммов веществ на литр. В засоленных почвах содержание растворенных веществ достигает десятков, а иногда и сотен граммов на литр.

Избыток водорастворимых солей в почве (более 0,2%, или 2 г на 1 кг почвы) вредно действует на растения, а при содержании их 0,3—0,5% растения погибают.

В почвенном растворе содержатся не только минеральные, но и органические вещества, органоминеральные соединения, а также растворенные газы (углекислый газ, кислород, аммиак и др.). В составе почвенного раствора могут находиться различные анионы и катионы. Наиболее важное значение для питания растений имеет присутствие в почвенном растворе ионов K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} и $H_2PO_4^-$ и постоянное их пополнение. Железо и алюминий содержатся в почвенном растворе в основном в виде устойчивых комплексов с органическими веществами, а в кислых почвах — в виде катионов и гидратов полоторных окислов в коллоидно-растворимой форме.

Огромное значение для питания и роста растений, как уже указывалось ранее, имеет реакция почвенного раствора.

От концентрации и степени диссоциации растворенных веществ зависят осмотическое давление почвенного раствора и поглощение воды корнями растений. Осмотическое давление почвенного раствора в незасоленных почвах значительно ниже, чем в клеточном соке растений. На засоленных почвах с большим осмотическим давлением поглощение воды культурными растениями затрудняется.

Концентрация солей и осмотическое давление почвенного раствора зависят от влажности почвы и являются весьма динамичными величинами.

Твердая фаза почвы состоит из минеральной и органической частей, которые являются основными источниками питательных веществ для растений.

Около половины твердой фазы приходится на кислород, одна треть — на кремний, свыше 10% — на алюминий и железо и лишь 7% составляют остальные элементы (табл. 13)

13. Средний химический (элементарный) состав твердой фазы почвы
(по А. П. Виноградову)

| Элемент | % | Элемент | % | Элемент | % |
|----------|---------|----------|--------------------|----------|---------------------|
| Кислород | 49,0 | Барий | 0,05 | Галлий | (10 ⁻³) |
| Кремний | 33,0 | Стронций | 0,03 | Слово | (10 ⁻³) |
| Алюминий | 7,1 | Цирконий | 0,03 | Кобальт | 8·10 ⁻¹ |
| Железо | 3,7 | Фтор | 0,02 | Торий | 6·10 ⁻¹ |
| Углерод | 2,0 | Хром | 0,02 | Мышьяк | 5·10 ⁻⁴ |
| Кальций | 1,3 | Хлор | 0,01 | Йод | 5·10 ⁻⁴ |
| Калий | 1,3 | Ванадий | 0,01 | Цезий | 5·10 ⁻⁴ |
| Натрий | 0,6 | Рубидий | 6·10 ⁻³ | Молибден | 3·10 ⁻⁴ |
| Магний | 0,6 | Цинк | 5·10 ⁻³ | Уран | 1·10 ⁻⁴ |
| Водород | (0,50)* | Церий | 5·10 ⁻³ | Бериллий | (10 ⁻⁴) |
| Титан | 0,46 | Никель | 4·10 ⁻³ | Германий | (10 ⁻⁴) |
| Азот | 0,10 | Литий | 3·10 ⁻³ | Кадмий | 5·10 ⁻⁵ |
| Фосфор | 0,08 | Медь | 2·10 ⁻³ | Селен | 1·10 ⁻⁶ |
| Сера | 0,08 | Бор | 1·10 ⁻³ | Ртуть | (10 ⁻⁶) |
| Марганец | 0,08 | Свинец | 1·10 ⁻³ | Радий | 8·10 ⁻¹¹ |

* В скобках указано ориентировочное содержание элемента.

Азот практически полностью содержится в органической части почвы, углерод, фосфор, сера, кислород и водород — как в минеральной, так и в органической, а все другие из указанных в таблице элементов — в минеральной части почвы.

Минеральная часть составляет 90—99% массы твердой фазы почв и имеет сложный минералогический и химический состав. Она представлена кристаллическими кремнекислородными и алюмокремнекислородными (или силикатными и алюмосиликатными) минералами, аморфными и кристаллическими гидроксидами алюминия, железа и кремния, а также различными нерастворимыми минеральными солями.

Наиболее распространен в почве первичный силикатный минерал кварц (SiO₂, двуокись кремния). Содержание его во всех почвах превышает 60%, а в легких песчаных

достигает 90% и более. Кварц характеризуется большой механической прочностью и устойчивостью к химическому выветриванию, он не участвует в химических реакциях в почве.

Из первичных алюмосиликатных минералов в почве широко распространены калиевые и натрие-калиевые полевые шпаты, в меньшей степени — калийная и железисто-магнезильные слюды. Постепенно разрушаясь, эти минералы служат источником калия, кальция, магния и железа для растений.

Первичные минералы — кварц, шпаты и слюды — обычно присутствуют в почве в виде частиц песка и пыли.

Вторичные, или глинистые, минералы образуются при изменении полевых шпатов и слюд в процессе выветривания и почвообразования. Они находятся в почве главным образом в виде мелкодисперсных илестых и коллоидных частиц и обладают большой суммарной поверхностью и поглощательной способностью. По строению кристаллической решетки, степени дисперсности и другим свойствам глинистые минералы объединяют в три группы: каолинитовую, монтмориллонитовую и гидрослюд. Они состоят главным образом из кремния, алюминия, кислорода и водорода, а также содержат небольшое количество железа, кальция, магния, калия и могут быть источником этих элементов для растений.

В твердой фазе почвы всегда присутствуют в сравнительно небольшом количестве труднорастворимые соли фосфорной кислоты (фосфаты кальция, магния, железа и алюминия), а в отдельных почвах может быть значительное количество малорастворимых карбонатов кальция, магния и сульфата кальция.

В почве постоянно протекают процессы превращения труднорастворимых соединений в легкорастворимые и, следовательно, более доступные растениям. Одновременно происходят и обратные процессы.

Различные механические фракции почвы имеют неодинаковый минералогический и химический состав, отличаются по содержанию элементов питания. Более крупные частицы почвы — песчаные и пылеватые — состоят в основном из кварца, поэтому характеризуются высоким содержанием кремния, но меньшим — алюминия, железа, а также кальция, магния, калия, фосфора и других элементов.

В состав мелкодисперсной коллоидной и илестой фракции входят преимущественно первичные и вторичные алю-

мосиликатные минералы, поэтому в ней больше содержится алюминия и железа, а также кальция, магния, калия, натрия, фосфора и других элементов питания. В связи с этим более тяжелые глинистые и суглинистые почвы богаче элементами питания, чем песчаные и супесчаные. Мелкодисперсные минеральные частицы почвы (глинистые минералы) вместе с органическим веществом обуславливают ее поглотительную способность, которая играет важную роль при взаимодействии удобрений с почвой.

Следовательно, механический состав почвы в значительной степени определяет многие важные ее свойства — содержание элементов питания (Ca, Mg, K, P, Fe, микроэлементов), поглотительную способность, а также физические свойства (влагоемкость, водопроницаемость, воздушный и тепловой режим).

Органическое вещество почвы составляет небольшую часть твердой фазы, но имеет важное значение для ее плодородия и питания растений. Содержание органического вещества в почвах колеблется от 1—3% (в подзолистых почвах и сероземах) до 8—10% и более в мощных черноземах.

Органическое вещество почвы представлено в основном (на 85—90%) гуминовыми веществами (гуминовыми и фульвокислотами) и лишь небольшая часть — негумифицированными остатками растительного, микробного и животного происхождения.

Общий запас гумуса в пахотном слое почв с относительно невысоким его содержанием — сероземах и дерново-подзолистых — составляет 30—50 т, в черноземах — 100—200 т, а в метровом слое — соответственно 50—120 и 300—800 т на 1 га.

В органическом веществе находится основной запас азота, поэтому почвы, содержащие больше органического вещества, отличаются и большим количеством азота. В органическое вещество входят также сера и фосфор. При его минерализации азот, фосфор и сера переходят в усвояемую для растений минеральную форму. Гуминовые кислоты и фульвокислоты, а также образующаяся в почве при разложении органических веществ углекислота оказывают растворяющее действие на труднорастворимые минеральные соединения фосфора, кальция, калия, магния; в результате эти элементы переходят в доступную для растений форму.

Гумусовые вещества наряду с мелкодисперсными ми-

неральными частицами почвы участвуют в адсорбционных процессах, определяют поглотительную способность почвы и ее буферность.

Органическое вещество служит источником питания и энергетическим материалом для большинства почвенных микроорганизмов. Гумусовые вещества почвы труднее подвергаются минерализации, чем органические соединения растительных остатков и негумифицированных веществ. Однако при длительном возделывании сельскохозяйственных культур без внесения удобрений может происходить значительное уменьшение общего количества гумуса и азота в почве. Размеры ежегодной минерализации органического вещества в пахотном слое дерново-подзолистых почв 0,6—0,7 т, а черноземов — 1,0 т на 1 га, с образованием соответствующего количества (соответственно 30—35 и 50 кг/га) доступного растениям минерального азота. При среднем содержании азота в гумусе около 5% на каждую единицу доступного растениям азота ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) должно минерализоваться двадцатикратное количество гумуса.

Наиболее интенсивно разлагается гумус в чистых парах, где в почве может накапливаться до 100—120 кг $\text{N} - \text{NO}_3^-$ на 1 га. Одновременно с минерализацией органического вещества в почве постоянно происходит за счет разлагающихся растительных остатков новообразование гумуса, и изменение общего его количества определяется соотношением между этими процессами.

Систематическое применение органических и минеральных удобрений, обеспечивая повышение урожайности сельскохозяйственных культур, способствует сохранению и накоплению запасов гумуса и азота в почве, так как с ростом урожая увеличивается количество поступающих в почву корневых и пожнивных остатков и усиливаются процессы гумусообразования.

Содержание основных элементов питания в почвах и их доступность растениям. Разные типы почв отличаются по содержанию основных элементов питания (табл. 14).

Общий запас азота, фосфора и калия в большинстве почв составляет значительные величины, в десятки и сотни раз превышающие вынос их урожаем одной культуры. Однако основная масса питательных веществ находится в почве в виде соединений, недоступных для непосредственного питания растений. Валовой запас питательных веществ в почве характеризует лишь ее потенциальное

14. Валовое содержание азота, фосфора и калия в пахотном слое различных почв

| Почвы | № | | P ₂ O ₅ |
|----------------------|-----------|-----------|-------------------------------|
| | % | т на 1 га | % |
| Дерново-подзолистые: | | | |
| песчаная | 0,02—0,05 | 0,6—1,5 | 0,03—0,06 |
| суглинистая | 0,05—0,13 | 1,5—4,0 | 0,04—0,12 |
| Черноземы | 0,2—0,5 | 6—15 | 0,1—0,3 |
| Сероземы | 0,05—0,15 | 1,5—4,5 | 0,08—0,2 |

Продолжение

| Почвы | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
|----------------------|-------------------------------|------------------|-----------|
| | т на 1 га | % | т на 1 га |
| Дерново-подзолистые: | | | |
| песчаная | 0,9—1,8 | 0,5—0,7 | 15—21 |
| суглинистая | 1,2—3,6 | 1,5—2,5 | 45—75 |
| Черноземы | 3—9 | 2—2,5 | 60—75 |
| Сероземы | 1,6—6 | 2,5—3 | 75—90 |

плодородие. Для оценки эффективного плодородия почвы, действительной способности ее обеспечивать высокую урожайность сельскохозяйственных культур важное значение имеет содержание питательных веществ в доступных для растений формах.

Для питания растений доступны только те питательные вещества, которые находятся в почве в форме соединений, растворимых в воде и слабых кислотах, а также в обменно-поглощенном состоянии. Мобилизация питательных веществ, переход труднорастворимых соединений в усвояемую форму постоянно происходят в почве под влиянием биологических, физико-химических и химических процессов.

В разных почвах процессы мобилизации протекают с неодинаковой интенсивностью в зависимости от характера соединений, которыми представлены питательные вещества, климатических условий, уровня агротехники и т. д. Обычно эти процессы протекают медленно, и тех количеств доступных для растений форм питательных веществ, которые образуются в почве за вегетационный период, бывает недостаточно для удовлетворения потребности растений.

Поэтому почти на всех почвах внесение удобрений значительно повышает урожайность сельскохозяйственных культур.

Содержание усвояемых форм питательных веществ зависит от типа почвы, ее окультуренности и предшествующей удобренности. Оно может быть неодинаковым в разных хозяйствах и на отдельных полях хозяйства. Поэтому для правильного применения удобрений важное значение имеют агрохимические анализы почв для определения подвижных форм азота, фосфора и калия, которые проводятся зональными агрохимическими лабораториями.

В зависимости от типа почв и других условий используются разные методы анализа. Для прогноза эффективности азотных удобрений определяют: а) содержание нитратов или суммы минерального азота ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) в слое почвы 0—20 или 0—40 см весной перед посевом; б) подвижный азот (NO_3^- , NH_4^+ и амидный) в 1%-ной K_2SO_4 вытяжке по Кёнигу; в) легкогидролизуемый азот в кислотной (0,5 н. H_2SO_4) вытяжке по Тюрину и Кононовой или в щелочной (1 н. NaOH) вытяжке по Корнфильду; г) нитрификационную способность почвы путем 7-дневного компостирования почвы при 26—28 °С с определением NO_3^- до и после компостирования.

Методы определения подвижного фосфора и калия отличаются в основном реактивом, применяемым для их извлечения, а также соотношением и временем взаимодействия его с почвой.

Подвижный фосфор в дерново-подзолистых почвах определяют методом Кирсанова (вытяжка 0,2 н. HCl) и Чирикова (0,5 н. CH_3COOH), в черноземах — методом Чирикова и Труога (0,002 н. H_2SO_4), в карбонатных почвах — методом Мачигина (1%-ный раствор K_2CO_3), в красноземах — методом Аррениуса (1%-ная лимонная кислота) и Ониани (0,1 н. H_2SO_4).

Подвижный (обменный) калий в дерново-подзолистых почвах определяют методами Кирсанова (0,2 н. HCl) или Масловой (1 н. CH_3COONa), в черноземах — методами Чирикова (0,5 н. CH_3COOH) и Бровкиной (0,2 н. HCl), в сероземах и карбонатных черноземах — методами Протасова [0,2 н. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$] и Мачигина в модификации ЦИНАО [1%-ная $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$], в красноземах — методом Ониани (0,1 н. H_2SO_4).

Результаты анализов почвы оформляют в виде агрохимических картограмм (рис. 3), на которых различными

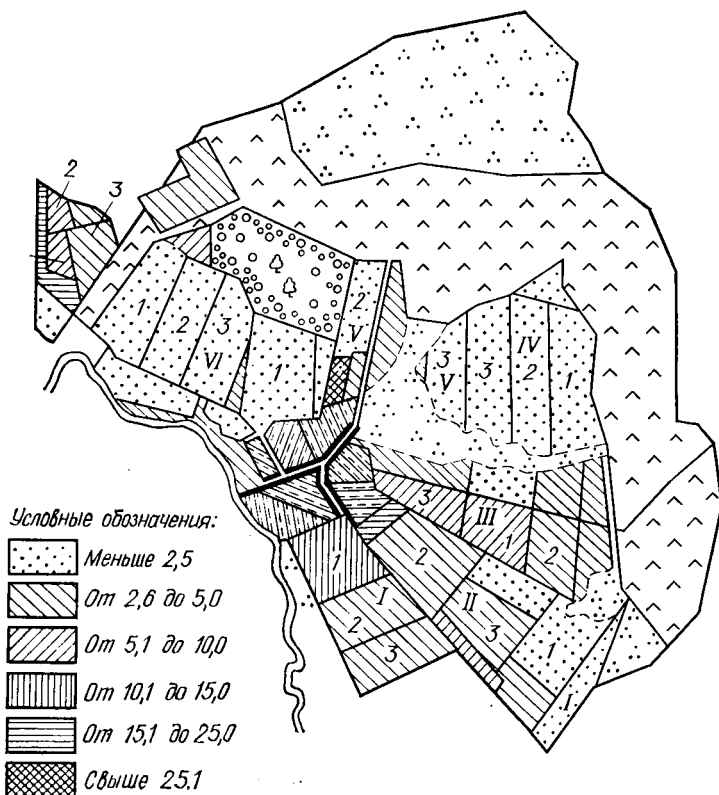


Рис. 3. Картограмма содержания подвижного фосфора (в мг P_2O_5 на 100 г почвы) в почвах хозяйства.

цветами выделяют площади с разной степенью обеспеченности подвижными формами N, P и K.

По степени обеспеченности почвы подразделяют на шесть классов: очень низкая (I), низкая (II), средняя (III), повышенная (IV), высокая (V) и очень высокая (VI) (табл. 15). Анализы почвы на азот из-за отсутствия надежного и простого метода определения доступных его форм проводятся еще редко.

Данные о степени обеспеченности почвы подвижными формами питательных веществ позволяют судить о потребности их в удобрениях, а также корректировать рекомендуемые нормы удобрений под отдельные культуры (см. стр. 276).

15. Группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора и калия, мг на 100 г почвы

| Класс почвы | P ₂ O ₅ | | | | K ₂ O | | | |
|-------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|--------------|-------------|-------------|
| | по Кирсанову | по Чирикову | по Мачигину | по Арениусу | по Масловой | по Кирсанову | по Чирикову | по Мачигину |
| I | <2,5 | <2 | <1 | <8 | <5 | <4 | <2 | <10 |
| II | 2,5—5 | 2—5 | 1—1,5 | 8—15 | 5—10 | 4—8 | 2—4 | 10—20 |
| III | 5—10 | 5—10 | 1,5—3 | 15—30 | 10—15 | 8—12 | 5—8 | 20—30 |
| IV | 10—15 | 10—15 | 3—4,5 | 30—45 | 15—20 | 12—17 | 9—12 | 30—40 |
| V | 15—25 | 15—20 | 4,5—6 | 45—60 | 20—30 | 17—25 | 13—18 | 40—60 |
| VI | >25 | >20 | >6 | >60 | >30 | >25 | >19 | >60 |

ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЫ

Большую роль в питании растений и в превращении внесенных в почву удобрений играет ее поглотительная способность. Под поглотительной способностью понимается способность почвы поглощать различные вещества из раствора, проходящего через нее, и удерживать их. Основы современных представлений о поглотительной способности почвы были заложены работами академика К. К. Гедройца. Он различал пять видов поглощения в почве.

Биологическая поглотительная способность связана с жизнедеятельностью растений и почвенных микроорганизмов, которые избирательно поглощают из почвы необходимые элементы минерального питания, переводят их в органическую форму и предохраняют тем самым от выщелачивания. После отмирания корней, растительных остатков и тел микроорганизмов происходят их разложение и постепенная гумификация. Минерализация и последующее использование растениями ранее закрепленного в почве в органической форме азота, фосфора и серы протекают довольно медленными темпами.

Интенсивность биологического поглощения зависит от аэрации, влажности и других свойств почвы, от количества и состава органического вещества, служащего источником пищи и энергетического материала для преобладающих в почве гетеротрофных микроорганизмов. Внесение в почву значительного количества бедного азотом органического вещества (соломы или соломистого навоза) вызывает быстрое размножение микроорганизмов, сопровождающееся интенсивным биологическим закреплением мине-

ральных форм азота, что приводит к ухудшению азотного питания растений и снижению урожая. В то же время биологическое поглощение способствует закреплению нитратного азота, который никаким другим путем в почве не удерживается и может вымываться, особенно на легких почвах в зонах достаточного увлажнения и орошаемого земледелия.

Механическая поглотительная способность обусловлена свойством почвы, как всякого пористого тела, задерживать мелкие частицы из фильтрующихся суспензий. Механическим поглощением объясняется сохранение и характер распределения в почве илистых частиц и вносимых нерастворимых удобрений (фосфоритной муки, извести). Благодаря механической поглотительной способности они не вымываются из верхнего слоя почвы.

Физическая поглотительная способность — это положительная или отрицательная адсорбция частицами почвы целых молекул растворенных веществ. Положительная физическая адсорбция почвой растворимых минеральных солей неизвестна. Отрицательная адсорбция наблюдается при взаимодействии почвы с растворами хлоридов и нитратов, что обуславливает высокую подвижность их в почве и возможность вымывания из ее верхнего слоя при повышенной влажности. Это имеет положительное значение для Cl^- иона (избыток которого вреден для некоторых растений), но для нитратов оно нежелательно.

Химическая поглотительная способность связана с образованием нерастворимых и труднорастворимых в воде соединений в результате химических реакций между отдельными растворимыми солями в почве (нонами в почвенном растворе).

Особую роль химическое поглощение играет в превращении фосфора в почве. При внесении водорастворимых фосфорных удобрений — суперфосфата, содержащего фосфор в виде монокальцийфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, аммофоса $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и др. — в почвах происходит интенсивное химическое связывание фосфора. В кислых почвах (в подзолистых и красноземах), содержащих много полуторных окислов, химическое поглощение фосфора идет с образованием труднорастворимых фосфатов железа и алюминия. В почвах, насыщенных основаниями и содержащих бикарбонат кальция в почвенном растворе (черноземы, сероземы), химическое связывание фосфора происходит в результате образования слаборастворимых фосфатов кальция.

Химическое поглощение (фиксация) фосфора обуславливает слабую подвижность его в почве и снижает доступность растениям этого элемента из внесенных в почву легкорастворимых форм удобрений. По способности к фиксации фосфора почвы располагаются в следующем порядке: красноземы > дерново-подзолистые почвы > сероземы > черноземы.

Физико-химическая, или обменная, поглощительная способность имеет особенно важное значение при взаимодействии удобрений с почвой. Физико-химическое поглощение — это способность мелкодисперсных (от 0,2 до 0,001 мкм) коллоидных частиц почвы поглощать из раствора различные катионы. Поглощение одних катионов сопровождается вытеснением в раствор эквивалентного количества других, ранее связанных твердой фазой почвы.

Вся совокупность органических и минеральных коллоидных частиц почвы (представленных гумусовыми веществами, глинистыми минералами и гидроксидами железа и алюминия), участвующих в обменном поглощении катионов, была названа К. К. Гедройцем **почвенным поглощающим комплексом (ППК)**.

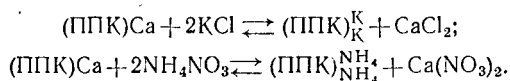
Способность органических и минеральных коллоидных частиц к обменному поглощению катионов обусловлена тем, что большая часть их имеет отрицательные заряды.

В естественном состоянии почвы всегда содержат определенное количество поглощенных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ и др.). Эти катионы могут обмениваться на другие катионы, находящиеся в растворе.

Обмен катионами между раствором и почвенным поглощающим комплексом происходит в строго эквивалентных количествах.

Реакция обмена катионов протекает быстро. При внесении в почву легкорастворимых удобрений (KCl , NH_4Cl , NH_4NO_3 и др.) они сразу же вступают во взаимодействие с ППК, катионы их поглощаются в обмен на катионы, ранее находившиеся в поглощенном состоянии.

Реакция обмена катионов обратима, так как поглощенный почвой катион может быть снова вытеснен в раствор:



В зависимости от концентрации раствора, его объема и природы обменивающихся катионов между катионами

раствора и катионами почвенного поглощающего комплекса устанавливается некоторое подвижное равновесие. При изменении состава почвенного раствора это равновесие смещается, в результате одни катионы переходят из раствора в поглощенное состояние, а другие — из поглощенного состояния в почвенный раствор. При внесении минеральных удобрений, например KCl, концентрация почвенного раствора повышается, катионы удобрения вступают в обменную реакцию с катионами почвенного поглощающего комплекса и поглощаются почвой.

При усвоении какого-либо катиона растениями концентрация его в растворе уменьшается, он переходит из поглощенного состояния в раствор в обмен на другие катионы, содержащиеся в почвенном растворе. Чем выше степень насыщенности поглощающего комплекса данным катионом, тем легче и быстрее он вытесняется в раствор. Количество катионов, вытесняемых из поглощенного состояния в раствор, возрастает с повышением концентрации раствора, а при одинаковой концентрации — с увеличением объема раствора вытесняющей соли.

Разные катионы обладают неодинаковой способностью к поглощению. Чем больше заряд (валентность) катиона и его атомная масса, тем сильнее он поглощается и труднее вытесняется из поглощенного состояния другими катионами. Исключение из этого правила составляют ионы H^+ , которые имеют наименьшую атомную массу, но обладают высокой энергией поглощения и способностью вытеснять другие катионы из ППК.

Емкость поглощения и состав поглощенных катионов у разных почв. Разные почвы содержат неодинаковое количество способных к обмену поглощенных катионов. Общее содержание в почве всех обменно-поглощенных катионов называется **емкостью поглощения**. Она обозначается буквой T и выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Например, если в 100 г почвы в поглощенном состоянии содержится 200 мг Ca^{2+} , 24 мг Mg^{2+} и 9 мг NH_4^+ , то емкость поглощения этой почвы будет равна;

$$\frac{200}{20} + \frac{24}{12} + \frac{9}{18} = 12,5$$
 мэков на 100 г (где 20 — эквивалентная масса кальция, 12 — магния, 18 — аммония).

Величина емкости поглощения характеризует поглонительную способность почв. Она зависит от механического и минералогического состава почвы и содержания в ней органического вещества. Почвы с малым количеством

коллоидной фракции (песчаные и супесчаные) имеют невысокую емкость поглощения. Чем больше в почве минеральных и органических коллоидных частиц, тем выше ее поглотительная способность. У глинистых и суглинистых почв емкость поглощения больше, чем у песчаных и супесчаных. Более богатые органическим веществом черноземные почвы отличаются значительно более высокой емкостью поглощения (30—60 мэкв на 100 г), чем подзолистые почвы и сероземы (10—15 мэкв на 100 г).

Поглотительная способность почвы оказывает большое влияние на превращение в ней минеральных удобрений, определяет степень подвижности их в почве. На почвах с малой поглотительной способностью (песчаных и супесчаных) при внесении легкорастворимых удобрений возможно вымывание питательных веществ и излишнее повышение концентрации раствора, поэтому азотные и калийные удобрения на таких почвах лучше вносить небольшими дозами и незадолго до посева. На почвах с высокой поглотительной способностью вымывания питательных веществ и избыточного увеличения концентрации раствора не происходит.

Разные почвы отличаются не только по общей емкости поглощения, но и по **составу поглощенных катионов** (табл. 16).

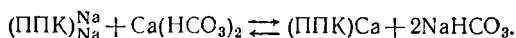
В большинстве почв в составе поглощенных катионов преобладает Ca^{2+} , второе место занимает Mg^{2+} и в значительно меньших количествах находятся K^+ и NH_4^+ . Сумма Ca^{2+} и Mg^{2+} обычно составляет около 90% общего количества обменно-поглощенных катионов. В кислых почвах (подзолистых и красноземах) среди поглощенных катионов значительную часть занимают H^+ и Al^{3+} , а в солонцовых почвах — Na^+ .

Состав поглощенных катионов оказывает большое влияние на свойства почвы и условия роста растений. Кальций коагулирует органические и минеральные коллоиды. Поэтому преобладание в составе поглощенных катионов Ca^{2+} , например на черноземах, способствует поддержанию прочной структуры и обуславливает хорошие физические свойства почвы. Насыщение почвы натрием (у солонцовых почв) вызывает пептизацию коллоидов, что приводит к их вымыванию, разрушению структурных агрегатов и ухудшению физических свойств почвы (плотное сложение, вязкость и т. д.). Кроме того, при наличии натрия в почвенном поглощающем комплексе происходит вытеснение

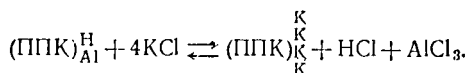
16. Емкость поглощения у разных почв и содержание гумуса
(по Н. П. Ремезову)

| Почва | одрержание (%) | | | Емкость поглощения катионов (мэкв на 100 г почвы) | Содержание поглощенных катионов (мэкв на 100 г почвы) | | |
|---------------------|----------------|------------------------------|--------------------|---|---|-----------------|----------------|
| | гумуса | минеральных частиц диаметром | | | Са ²⁺ + Mg ²⁺ | Na ⁺ | H ⁺ |
| | | меньше 0,00025 мм | 0,00025 — 0,001 мм | | | | |
| Дерново-подзолистая | 2,5 | 2 | — | 15 | 8 | — | 7 |
| Серая лесная | 3 | 5 | 4 | 20 | 16 | — | 4 |
| Чернозем: | | | | | | | |
| выщелоченный | 8 | 15 | 5 | 50 | 40 | — | 10 |
| типичный | 10 | 5 | 10 | 65 | 60 | — | 5 |
| обыкновенный | 6 | 5 | 10 | 35 | 31 | 2 | 2 |
| южный | 4,5 | 5 | 10 | 30 | 28 | 2 | — |
| Каштановая | 2,5 | 3 | 5 | 27 | 25 | 2 | — |
| Серозем | 1 | 3 | 5 | 15 | 14 | 1 | — |

его в раствор в обмен на другие катионы с образованием соды, что вызывает щелочную реакцию раствора, неблагоприятную для развития растений:



При большом содержании в почвенном поглощающем комплексе ионов водорода и алюминия они могут переходить в раствор и подкислять его:



Повышенная кислотность раствора и особенно высокое содержание в нем алюминия оказывают вредное действие на растения.

КИСЛОТНОСТЬ И БУФЕРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЫ

Кислотность почвы создается наличием ионов H⁺ в почвенном растворе и поглощающем комплексе. Различают актуальную и потенциальную кислотность почвы. **Актуальная кислотность** обусловлена повышенной концентрацией ионов H⁺ в почвенном растворе. Определяется она в вод-

ной вытяжке из почвы и измеряется величиной рН, которая обозначает отрицательный логарифм концентрации ионов H^+ в растворе.

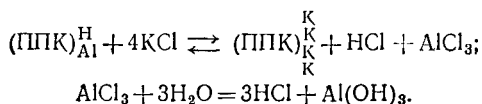
При нейтральной реакции концентрация ионов H^+ и гидроксила $(OH)^-$ одинакова — 10^{-7} г-ион на 1 л раствора, т. е. рН раствора 7. Если рН больше 7 — реакция щелочная, если рН меньше 7 — реакция кислая.

Актуальная кислотность создается при недостатке в почве нейтрализующих веществ за счет диссоциации H^+ от угольной, других водорастворимых кислот и гидролитически кислых солей. В насыщенных основаниями (Са, Mg и Na) и карбонатных почвах происходит нейтрализация кислот, реакция их раствора нейтральная или щелочная.

Реакция водной вытяжки разных почв колеблется от рН 3—3,5 (в сфагновых торфах) до рН 9—10 (в солонцовых почвах). Щелочную реакцию имеют южные черноземы и каштановые почвы (рН 7,5), сероземы (рН до 8,5) и солонцы (рН до 9 и более). Реакция раствора, близкая к нейтральной (рН 6,5—7), у обыкновенного и мощного черноземов, слабокислая реакция (рН 5,5—6,5) у выщелоченных черноземов и серых лесных почв, а подзолистые и дерново-подзолистые почвы имеют кислую или сильноокислую реакцию (рН 4—5 и ниже).

Актуальная кислотность находится в тесной связи с **потенциальной** (скрытой кислотностью), которая, в свою очередь, подразделяется на **обменную и гидролитическую**.

Ионы H^+ и Al^{3+} , находящиеся в почвенном поглощающем комплексе, при взаимодействии с растворами солей вытесняются из поглощенного состояния и подкисляют почвенный раствор. В растворе образуется соляная кислота и хлористый алюминий — гидролитически кислая соль:



Кислотность, обусловленная ионами водорода и алюминия, находящимися в поглощенном состоянии и способными вытесняться в раствор при действии на почву какой-либо нейтральной соли, называется *обменной кислотностью*. Определяется она обработкой почвы раствором 1 н. KCl (солевая вытяжка) и выражается в мэкв на 100 г почвы, или величиной рН. В солевой вытяжке определяются

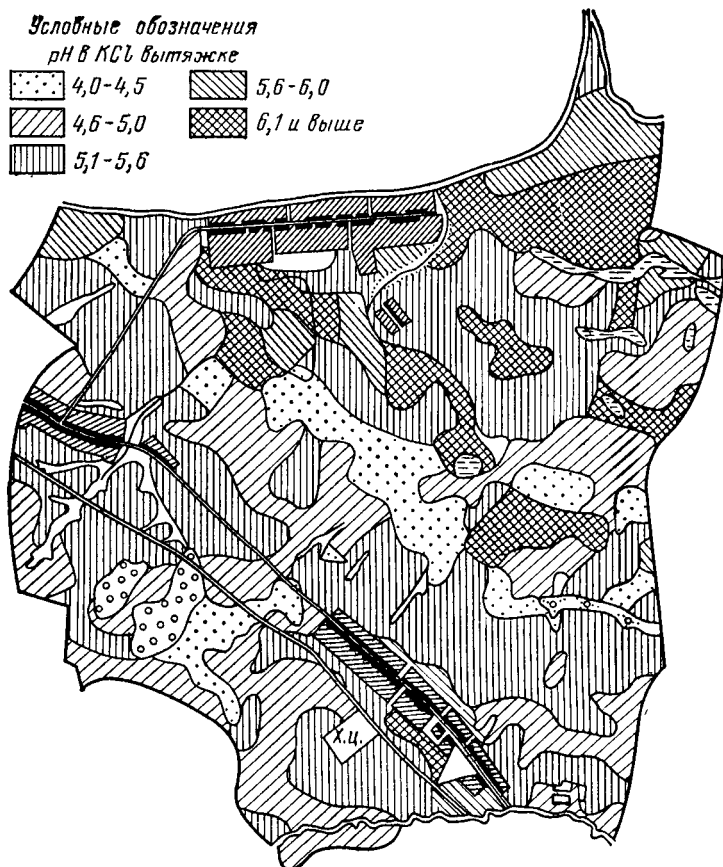


Рис. 4. Картограмма кислотности почвы полей хозяйства.

актуальная и обменная кислотность, поэтому рН солевой вытяжки обычно ниже, чем рН водной вытяжки.

Обменная кислотность характерна для дерново-подзолистых и серых лесных почв, оподзоленных и выщелоченных черноземов, а также красноземов. Это скрытая кислотность, но при действии на почву нейтральных солей она переходит в актуальную и оказывает отрицательное влияние на развитие растений. Особенно вредно действует переходящий в раствор алюминий. Результаты определения рН солевой вытяжки служат для характеристики степени кислотности почвы. При рН до 4,5 кислотность сильная,

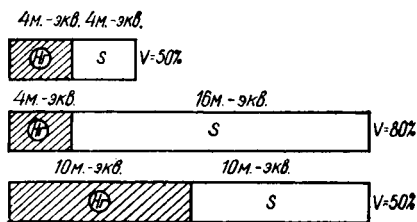
pH 4,6—5 — средняя, pH 5,1—5,5 — слабая, pH 5,6—6,0 — реакция, близкая к нейтральной, > 6,0 — нейтральная. На основании определения pH солевой вытяжки в образцах почвы, взятых с различных частей поля (или разных полей), оформляются картограммы кислотности (рис. 4). Для обозначения контуров почв с различными величинами pH используют следующие цвета: < 4,5 — красный, 4,6—5 — желтый, 5,1—5,5 — зеленый, 5,6—6,0 — голубой, > 6,0 — синий. По величине pH солевой вытяжки устанавливают степень нуждаемости почв в известковании и ориентировочную норму извести.

При обработке почвы 1 н. KCl из почвенного поглощающего комплекса переходят не все ионы водорода, часть их более прочно поглощена коллоидами почвы и нейтральными солями не вытесняется. Их можно вытеснить при действии на почву раствором гидролитически щелочной соли, например уксуснокислого натрия — CH_3COONa .

Кислотность почвы, обусловленная менее подвижными ионами водорода, которые вытесняются при обработке почвы гидролитически щелочной солью, называется *гидролитической кислотностью*. С ней приходится встречаться чаще, чем с обменной, она свойственна большинству почв, даже черноземам. Эта кислотность включает менее подвижную часть поглощенных ионов H^+ , труднее обменивающихся на катионы почвенного раствора. Определять ее необходимо для решения ряда практических вопросов применения удобрений — установления норм извести и возможности эффективного применения фосфоритной муки.

При обработке почвы раствором уксуснокислого натрия в раствор переходят все содержащиеся в почве ионы водорода (и алюминия), т. е. определяется сумма всех видов кислотности (актуальная, обменная и гидролитическая). Чтобы определить величину собственно гидролитической кислотности, необходимо из общего показателя вычесть величину обменной кислотности (рис. 5). Обычно этого не

Рис. 5. Схематическое изображение зависимости между емкостью поглощения (Т), гидролитической кислотностью (H_T), суммой поглощенных оснований (S) и степенью насыщенности почвы основаниями (V).



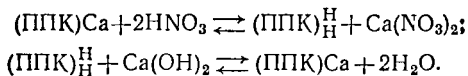
делают и термином «гидролитическая кислотность» обозначают общую кислотность почвы, выражая ее в мэкв на 100 г почвы.

Для характеристики почвы важно знать не только общее количество поглощенных ионов водорода, но и соотношение между ними и другими поглощенными катионами — Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и др. Количество всех поглощенных катионов, кроме водорода и алюминия, в мэкв на 100 г почвы (сумма поглощенных оснований) обозначается буквой S , а общее количество поглощенного водорода — знаком Нг. Сложение их дает общую емкость поглощения почвы (T) в мэкв на 100 г почвы: $S + \text{Нг} = T$. Сумма поглощенных оснований (S), выраженная в процентах от емкости поглощения (T), называется степенью насыщенности почв основаниями и обозначается буквой V .

$$V, \% = \frac{S}{T} \cdot 100, \text{ или } V, \% = \frac{S}{S + \text{Нг}} \cdot 100.$$

Степень насыщенности основаниями — важный показатель для характеристики степени кислотности почвы, она учитывается при определении нуждаемости почв в известковании (см. табл. 21). Чем меньше степень насыщенности основаниями (при одинаковой абсолютной величине кислотности), тем сильнее потребность почв в известковании.

Емкость поглощения и степень насыщенности почв основаниями определяют ее **буферную способность**, т. е. способность почвы сопротивляться изменению реакции почвенного раствора в сторону подкисления или подщелачивания при внесении физиологически кислых или физиологически щелочных удобрений. Чем выше емкость поглощения почвы, тем сильнее ее буферная способность. Поглощенные основания (кальций, магний и др.) оказывают буферное действие против подкисления, а поглощенный водород — против подщелачивания реакции почвенного раствора:



В почвах, насыщенных основаниями, свободные кислоты (например, HNO_3) нейтрализуются вследствие поглощения почвой ионов H^+ кислоты в обмен на катионы Ca^{2+} , которые из поглощенного состояния вытесняются

в раствор, и в нем вместо кислоты образуется нейтральная соль. В почвах, не насыщенных основаниями, имеющих обменную или гидролитическую кислотность, нейтрализация щелочи $\text{Ca}(\text{OH})_2$ происходит в результате поглощения ее катиона в обмен на ионы H^+ , которые вытесняются в раствор и связывают ионы OH^- с образованием воды.

Чем больше гидролитическая кислотность почвы, тем выше буферность ее против подщелачивания. Почвы, имеющие высокую степень насыщенности основаниями (черноземы, сероземы), имеют высокую буферность против подкисления. Внесение высоких доз органических удобрений и известкование повышают буферность почвы против подкисления.

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ СССР

Дерново-подзолистые почвы имеют кислую реакцию, значительную обменную кислотность (1—2 мэкв на 100 г), 80—90% величины которой приходится на обменный Al , а также гидролитическую кислотность (3—6 мэкв на 100 г), низкую емкость поглощения (5—15 мэкв) и степень насыщенности основаниями (30—70%). Большая часть этих почв нуждается в известковании.

Для дерново-подзолистых почв характерно низкое содержание гумуса, общего азота и фосфора и резкое снижение их количества с глубиной профиля. Агрохимические свойства этих почв сильно варьируют в зависимости от механического состава и степени окультуренности (табл. 17).

Большинство дерново-подзолистых почв характеризуется сравнительно низким содержанием усвояемых (ми-

17. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв

| Степень окультуренности | рН солевой вытяжки | Мощность пахотного горизонта, см | Содержание гумуса, % | мг на 100 г почвы | |
|-------------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------|
| | | | | Подвижный фосфор | Подвижный калий |
| Слабая | 4—4,5 | До 20 | 1,5—2 | До 5 | До 10 |
| Средняя | 4,6—5,0 | 20—22 | 2—2,5 | 5—10 | 10—15 |
| Сильная | 5,1—6,0 | 22—25 | 2,5—4 | 18—25 | 20—30 |

неральных) форм азота и подвижного фосфора, а песчаные и супесчаные почвы — также и калия.

С повышением степени окультуренности почв (при систематическом применении органических и минеральных удобрений, известковании и т. д.) снижается кислотность, увеличивается содержание гумуса и общего азота, подвижного фосфора и обменного калия, повышается их плодородие.

Дерново-подзолистые почвы обычно бедны элементами питания, но достаточно увлажнены, применение органических и минеральных удобрений дает на них высокий эффект. Из минеральных удобрений наиболее эффективны азотные, а на слабоокультуренных почвах также фосфорные удобрения. На песчаных и супесчаных почвах эффективно применение калийных, а также магнийсодержащих удобрений.

Серые лесные почвы в зависимости от мощности гумусового горизонта, содержания гумуса и выраженности признаков оподзоливания подразделяют на светло-серые, серые и темно-серые, отличающиеся по агрохимическим свойствам (табл. 18).

18. Агрохимические свойства серых лесных почв

| Подтип | Мощность гумусового горизонта, см | Содержание гумуса, % | pH солевой вытяжки |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------|
| Светло-серые | 15—25 | 1,6—3,4 | 4,8—5,4 |
| Серые | 25—30 | 2,2—4,7 | 5,2—5,7 |
| Темно-серые | 40—60 | 3,5—7,0 | 5,5—6,0 |

Продолжение

| Подтип | Гидролитическая кислотность | Сумма обменных оснований | V, % | Подвижный фосфор | Подвижный калий |
|--------------|-----------------------------|--------------------------|-------|-------------------|-----------------|
| | мэкв на 100 г | | | мг на 100 г почвы | |
| Светло-серые | 2,3—3,8 | 10—18 | 72—82 | 6 | 10 |
| Серые | 2,9—3,5 | 14—25 | 76—87 | 8 | 13 |
| Темно-серые | 2,3—5,4 | 20—36 | 80—86 | 12 | 15 |

От светло-серых к серым и темно-серым почвам увеличиваются мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, сумма обменных оснований и степень насыщенности основаниями, уменьшается кислотность. Серые лесные почвы обычно имеют невысокое содержание усвояемых соединений азота, подвижного фосфора и калия, но оно может сильно колебаться в зависимости от степени окультуренности и предшествующей удобренности почвы.

Необходимо систематическое применение органических и минеральных удобрений, а на светло-серых почвах с кислой реакцией, кроме того, и известкование. Эффективность минеральных удобрений наиболее высокая в западных провинциях зоны и несколько ниже в центральном и особенно восточном районах.

В повышении урожая сельскохозяйственных культур на серых лесных почвах ведущая роль принадлежит азотным удобрениям, на втором месте по эффективности стоят фосфорные удобрения, слабее действуют калийные, применение которых, однако, необходимо под картофель, сахарную свеклу и для получения высоких урожаев зерновых культур.

Черноземы по сравнению с другими почвами характеризуются более высоким естественным плодородием, имеют мощный гумусовый горизонт, значительно больше содержат гумуса и общего азота в пахотном горизонте с постепенным снижением их по профилю (табл. 19).

Валовой запас гумуса и азота в слое 0—20 см составляет соответственно 60—220 и 3—15 т на 1 га, а в метровом слое — в 3—4 раза больше. Общее содержание фосфора (P_2O_5) колеблется от 0,1 до 0,3%, а валовой запас его 2—4,5 т на 1 га. Реакция этих почв близка к нейтральной или слабощелочная (рН 6—8), обменная кислотность, как правило, отсутствует, гидролитическая кислотность колеблется от 0 до 4 мэкв на 100 г. Черноземы имеют высокую емкость поглощения и степень насыщенности основаниями. У типичного чернозема наибольшая мощность гумусового горизонта, более высокое содержание гумуса, общего азота, фосфора и валовые их запасы (соответственно 120—220, 7—15 и 3,5—4,5 т на 1 га), а также емкость поглощения. К северу — у выщелоченного чернозема и к югу — у обыкновенного и особенно южного черноземов эти показатели снижаются. Реакция почвы слабокислая у выщелоченного чернозема и слабощелочная у обыкновенного и южного, у которых также выше степень насыщенности

19. Агрохимические свойства черноземов

| Подтип | Мощность гумусового горизонта, см | Содержание гумуса, % | рН водной вытяжки | Гидролитическая кислотность | Емкость поглощения | V, % |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|--------|
| | | | | мэкв на 100 г | | |
| Выщелоченный | 80—150 | 6—9 | 5,5—6,5 | 2—4 | 45—55 | 85—95 |
| Типичный | 100—180 | 8—12 | 6,5—7 | 0,5—3 | 50—60 | 90—98 |
| Обыкновенный | 60—140 | 5—8 | 7—8 | 0—1 | 40—50 | 95—100 |
| Южный | 40—80 | 3—6 | 7—8 | 0—0,5 | 25—35 | 98—100 |

основаниями, и незначительная или вовсе отсутствует гидролитическая кислотность. У выщелоченных черноземов гидролитическая кислотность достигает часто 3—5 мэкв на 100 г. Все подтипы черноземов богаты калием, общее содержание его равно 2,5—3%, а валовой запас 45—60 т на 1 га. Несмотря на высокое потенциальное плодородие черноземов, обеспеченность их усвояемыми формами азота и подвижным фосфором, особенно старопахотных и слабоудобрявшихся почв, очень часто невысокая. Поэтому на этих почвах наблюдается высокая эффективность фосфорных, а при более благоприятных условиях увлажнения — и азотных удобрений. На старопахотных и слабоудобрявшихся черноземах уменьшаются по сравнению с целинными запасы общего и обменного калия, поэтому на таких почвах, особенно под калиелюбивые культуры (сахарная свекла, картофель, подсолнечник и др.), эффективно применение калийных удобрений (вместе с азотными и фосфорными). Минеральные удобрения эффективнее в более увлажненных западных районах Черноземной зоны, в восточных районах (параллельно с ухудшением условий увлажнения) эффективность их снижается.

Каштановые почвы делятся на темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые, которые отличаются по агрохимическим свойствам (табл. 20).

Темно-каштановые почвы — переходные от черноземных к каштановым. Мощность гумусового горизонта достигает 45 см с постепенным уменьшением содержания гумуса по профилю. Карбонатный горизонт залегает на глубине 45—50 см. Реакция почвы слабощелочная, легкорастворимых солей мало и залегают они глубже 2—2,5 м.

У каштановых и светло-каштановых почв, которые распространены в более засушливых районах сухих сте-

20. Агрохимические свойства каштановых почв

| Подтип | Мощность гумусового горизонта, см | Содержание гумуса, % | Общий N, % | Общий фосфор, % | pH солевой вытяжки | Сумма обменных катионов, мг/кг на 100 г |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------|------------|-----------------|--------------------|---|
| Темно-каштановая | 35—45 | 4—5 | 0,2—0,3 | 0,1—0,2 | 7—7,2 | 30—35 |
| Каштановая | 30—40 | 3—4 | 0,15—0,20 | 1,1—0,2 | 7,2—7,5 | 20—13 |
| Светло-каштановая | 25—30 | 2—3 | 0,10—0,15 | 0,08—0,15 | 7,4—8 | 12—15 |

пей, меньше мощность гумусового горизонта, ниже содержание гумуса и общего азота; более резкое снижение их с глубиной, карбонатный горизонт залегает выше (на глубине 30—40 и 25—30 см), реакция слабощелочная и щелочная (рН 7,2—8). Среди светло-каштановых почв много солонцеватых и сильносолонцеватых разновидностей. Для каштановых почв характерна различная степень засоления, но солевой горизонт обычно расположен на глубине 1 м и ниже. Из верхнего горизонта водорастворимые соли вымываются, содержание их (главным образом бикарбонатов Са и Mg) небольшое (сотые доли %). В солевом горизонте из водорастворимых солей преобладают сульфаты и хлориды. Каштановые почвы богаты калием, но имеют низкую обеспеченность подвижными формами азота и фосфора. Однако эффективность минеральных удобрений на этих почвах из-за недостатка влаги обычно низкая. В условиях богарного земледелия рекомендуется внесение небольших доз фосфорных удобрений в рядки при посеве зерновых культур. При орошении эффективность азотных и фосфорных удобрений резко повышается, но калийные удобрения малоэффективны. Для повышения плодородия солонцеватых почв и солонцов рекомендуется применение гипса.

Сероземы подразделяются на три подтипа: светлые, типичные (обыкновенные) и темные. Земледелие на этих почвах ведется при орошении (без орошения возможно лишь на темных сероземах).

Сероземы характеризуются высокой карбонатностью, малогумусностью и низким содержанием азота. Содержание гумуса в слое 0—20 см у светлых сероземов 1—1,5%, типичных — 1,5—3, темных — до 4—5%, а общее содержание азота соответственно 0,07—0,12%, 0,1—0,2, 0,35—

0,40%. Валовой запас гумуса в слое 0—20 см колеблется от 30—40 у светлых сероземов до 120—150 т на 1 га у темных, а запас азота от 2—4 до 8—10 т на 1 га.

Общее содержание фосфора варьирует от 0,08 до 0,2%, а запас его от 2 до 6 т на 1 га, калия — соответственно 2,5—3% и 75—90 т на 1 га, т. е. валовой запас фосфора и калия в этих почвах весьма значительный.

Сероземы имеют слабощелочную реакцию (рН 7,2—8), относительно низкую емкость поглощения (9—10 мэв у светлых, 12—15 — у типичных и 18—20 мэв на 100 г у темных сероземов). Из суммы обменно-поглощенных катионов 80—90% составляет Ca^{2+} , 10—15% Mg^{2+} и 5—8% K^+ и Na^+ . Для орошаемых сероземов характерна высокая биологическая активность и нитрификационная способность, но образующиеся нитраты интенсивно мигрируют (при поливах) по профилю почвы. Для повышения плодородия этих почв крайне важно систематическое применение органических и минеральных удобрений.

Из минеральных удобрений на первом месте по эффективности стоят азотные, а затем фосфорные, которые весьма эффективны при низком содержании в почве подвижного фосфора. Калием сероземы обеспечены лучше, чем азотом и фосфором. Однако на длительно орошаемых и используемых для возделывания хлопчатника и других культур площадях возникает потребность и в калийных удобрениях, особенно при систематическом внесении высоких норм азотных и фосфорных удобрений.

ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

ИЗВЕСТКОВАНИЕ КИСЛЫХ ПОЧВ

В нашей стране почвы с повышенной кислотностью (рН ниже 5,5) занимают большие площади — более 60 млн. га, в том числе около 50 млн. га приходится на пашню. Большая часть кислых почв находится в зоне дерново-подзолистых почв. Кроме того, кислой реакцией характеризуются красноземы, серые лесные, многие торфяно-болотные почвы и частично выщелоченные черноземы.

Известкование — важнейшее условие интенсификации сельскохозяйственного производства на кислых почвах, повышения их плодородия и эффективности минеральных удобрений.

**Отношение различных растений к реакции почвы
и известкованию**

Для каждого вида растений существует определенная наиболее благоприятная для его роста и развития величина реакции среды. Большинство сельскохозяйственных культур и полезных почвенных микроорганизмов лучше развивается при реакции, близкой к нейтральной (рН 6—7).

По отношению к реакции среды и отзывчивости на известкование сельскохозяйственные культуры можно подразделить на следующие группы.

1. Не переносят кислой реакции люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, конопля, капуста — для них оптимум рН лежит в узком интервале от 7 до 7,5. Они сильно отзываются на внесение извести даже на слабокислых почвах.

2. Чувствительны к повышенной кислотности пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник, все бобовые культуры, за исключением люпинов и сераделлы, огурцы, лук, салат. Они лучше растут при слабокислой или нейтральной ре-

акции (рН 6—7) и хорошо отзываются на известкование не только сильно- но и среднекислых почв.

3. Менее чувствительны к повышенной кислотности рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, редис, морковь, томаты. Они могут удовлетворительно расти в широком интервале рН при кислой и слабощелочной реакции (от рН 4,5 до 7,5), но наиболее благоприятна для их роста слабокислая реакция (рН 5,5—6). Эти культуры положительно реагируют на известкование сильно- и среднекислых почв полными дозами, что объясняется не только снижением кислотности, но и усилением мобилизации питательных веществ и улучшением питания растений азотом и зольными элементами.

4. Нуждаются в известковании только на средне- и сильнокислых почвах лен и картофель. Картофель мало чувствителен к кислотности, а для льна лучше слабокислая реакция (рН 5,5—6,5). Высокие нормы CaCO_3 , особенно при ограниченных нормах удобрений, оказывают отрицательное действие на качество урожая этих культур, картофель сильно поражается паршой, снижается содержание крахмала в клубнях, а лен заболевает бактериозом, ухудшается качество волокна. Отрицательное влияние известкования объясняется не столько нейтрализацией кислотности, сколько уменьшением усвояемых соединений бора в почве и избыточной концентрацией ионов кальция в растворе, из-за чего затрудняется поступление в растение других катионов, в частности магния и калия.

В севооборотах с большим удельным весом картофеля и льна при использовании высоких норм удобрений, особенно калийных, известкование можно проводить полными нормами, при этом лучше вносить известковые удобрения, содержащие магний, сланцевую золу или металлургические шлаки, а при использовании CaCO_3 вносить одновременно борные удобрения. В этом случае не наблюдается отрицательного действия известкования на лен и картофель, и в то же время повышается урожай клевера, озимой пшеницы и других культур, чувствительных к кислотности.

5. Хорошо переносят кислую реакцию и чувствительны к избытку водорастворимого кальция в почве люпин, сераделла и чайный куст, поэтому при известковании повышенными дозами они снижают урожай. При возделывании люпина и сераделлы на зеленое удобрение рекомендуется вносить известь не перед посевом, а при запашке этих культур в почву.

Таким образом, на большинство сельскохозяйственных культур повышенная кислотность почвы оказывает отрицательное действие и они положительно отзываются на известкование. Неблагоприятное влияние кислой реакции на растения весьма многосторонне, прямое вредное действие повышенной концентрации ионов водорода сочетается с косвенным влиянием ряда сопутствующих кислой реакции факторов. При повышенной кислотности почвенного раствора ухудшаются рост и ветвление корней, проницаемость клеток корня, поэтому ухудшается использование растениями воды и питательных веществ почвы и внесенных удобрений. При кислой реакции нарушается обмен веществ в растениях, ослабляется синтез белков, подавляются процессы превращения простых углеводов (моносахаров) в другие более сложные органические соединения. Особенно чувствительны растения к повышенной кислотности почвы в первый период роста, сразу после прорастания.

Помимо непосредственного отрицательного действия, повышенная кислотность почвы оказывает на растение многостороннее косвенное действие.

Кислые почвы имеют неблагоприятные биологические, физические и химические свойства. Коллоидная часть кислых почв бедна кальцием и другими основаниями. Вследствие вытеснения кальция ионами водорода из почвенного перегноя повышаются его дисперсность и подвижность, а насыщение водородом минеральных коллоидных частиц приводит к постепенному их разрушению. Этим объясняется малое содержание в кислых почвах коллоидной фракции, они имеют поэтому неблагоприятные физические и физико-химические свойства, плохую структуру, низкую емкость поглощения и слабую буферность.

В кислых почвах деятельность полезных почвенных микроорганизмов, особенно азотфиксирующих свободноживущих и клубеньковых бактерий, для развития которых наиболее благоприятна нейтральная реакция (рН 6,5—7,5), сильно подавлена; образование доступных для растений форм азота, фосфора и других питательных веществ вследствие ослабления минерализации органического вещества протекает слабо. В то же время повышенная кислотность способствует развитию в почве грибов, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений.

Отрицательное действие повышенной кислотности в

значительной степени связано с увеличением подвижности алюминия и марганца в почве. При кислой реакции растворимость соединений алюминия и марганца увеличивается, а повышенное содержание их в растворе оказывает вредное действие на растения.

Особенно чувствительны к повышенному содержанию подвижного алюминия клевер, люцерна, озимая пшеница и рожь (при перезимовке), свекла, лен, горох, гречиха, ячмень. Эти культуры страдают при содержании его в почве свыше 2—3 мг на 100 г. При высоком содержании в кислых почвах подвижного алюминия и железа происходит связывание ими усвояемых форм фосфора с образованием нерастворимых и малодоступных растениям фосфатов полуторных окислов, в результате чего ухудшается питание растений фосфором.

В кислых почвах уменьшается подвижность молибдена, он переходит в труднорастворимые формы, и его может не хватать для нормального роста растений, особенно бобовых. В кислых, особенно песчаных и супесчаных почвах, мало усвояемых соединений кальция и магния; кроме того, при кислой реакции затрудняется их поступление в растение, поэтому ухудшается питание и этими важными элементами.

Влияние извести на свойства и питательный режим почвы

При внесении извести нейтрализуются свободные органические и минеральные кислоты в почвенном растворе, а также ионы водорода в почвенном поглощающем комплексе, т. е. устраняется актуальная и обменная кислотность, значительно снижается гидролитическая кислотность, повышается насыщенность почвы основаниями. Устраняя кислотность, известкование оказывает многостороннее положительное действие на свойства почвы, ее плодородие.

Замена поглощенного водорода кальцием сопровождается коагуляцией почвенных коллоидов, в результате чего уменьшаются их разрушение и вымывание, улучшаются физические свойства почвы — структурность, водопроницаемость, аэрация.

При внесении извести снижается содержание в почве подвижных соединений алюминия и марганца, они перехо-

дят в неактивное состояние, поэтому устраняется вредное действие их на растения.

В результате снижения кислотности и улучшения физических свойств почвы под влиянием известкования усиливается жизнедеятельность микроорганизмов и мобилизация ими азота, фосфора и других питательных веществ из почвенного органического вещества. В известкованных почвах интенсивнее протекают процессы аммонификации и нитрификации, лучше развиваются азотфиксирующие бактерии (клубеньковые и свободноживущие), обогащающие почву азотом за счет азота воздуха, в результате чего улучшается азотное питание растений.

Известкование способствует переводу труднодоступных растениям фосфатов алюминия и железа в более доступные фосфаты кальция и магния. При известковании калий труднорастворимых минералов интенсивнее переходит в более подвижные соединения, а поглощенный почвой калий вытесняется в раствор, но усвоение его растениями вследствие антагонизма между катионами K^+ и Ca^{2+} не увеличивается. Известкование влияет на подвижность в почве и доступность для растений микроэлементов. Соединения молибдена после внесения извести переходят в более усвояемые формы, улучшается питание растений этим элементом. Подвижность соединений бора и марганца при известковании, наоборот, уменьшается, и растения могут испытывать недостаток в них. Поэтому на известкованных почвах эффективно внесение борных удобрений, особенно под культуры, требовательные к бору, — сахарную и кормовую свеклу, клевер, люцерну, гречиху, лук и др. При внесении извести почва обогащается кальцием, а при использовании доломитовой муки — и магнием; потребность растений в этих элементах обеспечивается полностью.

Улучшение питания растений азотом и зольными элементами связано также с тем, что на известкованных почвах растения развивают более мощную корневую систему, способную больше усваивать питательных веществ из почвы.

Определение нуждаемости почв в известковании и нормы извести

Эффективность известкования зависит от кислотности почв: чем выше кислотность, тем острее потребность в известковании и больше прибавки урожая. Поэтому прежде

чем вносить известь на то или иное поле, необходимо определить степень кислотности почвы и нуждаемость ее в известковании, установить норму извести в соответствии с особенностями почвы и возделываемых растений.

Необходимость известкования почвы ориентировочно можно определить по некоторым внешним признакам. Кислые сильноподзолистые почвы обычно имеют белесый оттенок, ярко выраженный подзолистый горизонт, достигающий 10 см и более. На повышенную кислотность почвы и нуждаемость ее в известковании указывают также плохой рост и сильное выпадение клевера, люцерны, озимой пшеницы при перезимовке, обильное развитие устойчивых к кислотности сорняков: щавелька, пикульника, торицы полевой, лютика ползучего, белоуса, щучки.

Потребность почвы в известковании с достаточной для практических целей точностью может быть определена по обменной кислотности (рН солевой вытяжки). При значении рН солевой вытяжки 4,5 и ниже потребность в известковании сильная, 4,6—5 — средняя, 5,1—5,5 — слабая и при рН больше 5,5 — отсутствует. Величина кислотности почвы — важный, но не единственный показатель, характеризующий потребность почв в известковании. Важно учитывать также степень насыщенности почвы основаниями (V) и ее механический состав. С учетом этих трех показателей степень нуждаемости почв в известковании может быть установлена значительно точнее (табл. 21).

21. Оценка степени нуждаемости в известковании в зависимости от свойств почвы (по М. Ф. Корнилову)

| Механический состав почв | Нуждаемость почв в известковании | | | | | | | |
|---|----------------------------------|--------|---------|-------|---------|-------|-------------|--------|
| | сильная | | средняя | | слабая | | отсутствует | |
| | рН, < | V, % < | рН | V, % | рН | V, % | рН, > | V, % > |
| Тяжело- и среднесуглинистые | 4,5 | 50 | 4,5—5,0 | 50—65 | 5,0—5,5 | 65—75 | 5,5 | 75 |
| Легкосуглинистые | 4,5 | 40 | 4,0—5,0 | 40—60 | 5,0—5,5 | 60—70 | 5,5 | 70 |
| Супесчаные и песчаные | 4,5 | 35 | 4,5—5,0 | 35—50 | 5,0—5,5 | 50—60 | 5,5 | 60 |
| Заболоченные торфянистые и торфяно-болотные | 3,5 | 35 | 3,5—4,2 | 35—55 | 4,2—4,8 | 55—65 | 4,8 | 65 |

При проведении известкования, кроме свойств почвы, необходимо учитывать также особенности возделываемых культур в севообороте.

Для полевых севооборотов с небольшим удельным весом льна и картофеля, а также культур, чувствительных к кислотности (овощных, кормовых и др.), очередность известкования совпадает с группировкой почв по степени нуждаемости в нем, указанной в таблице 21. Сильнонуждающиеся почвы известкуют в первую очередь, средненуждающиеся — во вторую и слабонуждающиеся — в третью очередь. В севооборотах с большим удельным весом льна и картофеля слабонуждающиеся почвы не известкуют, а в севооборотах с чувствительными к кислотности культурами в первую очередь необходимо известковать не только почвы сильно-, но и средненуждающиеся.

Нормы извести зависят от степени кислотности почв, их механического состава и особенностей возделываемых культур.

Количество извести, необходимое для уменьшения повышенной кислотности пахотного слоя почвы до слабокислой реакции (до значения рН солевой вытяжки 5,6—5,8), благоприятной для большинства культур и полезных микроорганизмов, называется полной нормой.

Ориентировочные нормы извести можно определить по величине рН солевой вытяжки. В зависимости от этих показателей ВИУА рекомендует вносить в дерново-подзолистые почвы, содержащие не более 3% органического вещества, следующие нормы извести (табл. 22).

22. Нормы извести (CaCO_3 , т на 1 га) в зависимости от рН солевой вытяжки и механического состава почвы

| Почвы | рН солевой вытяжки | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|---------|
| | 4,5 и менее | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4—5,5 |
| Супесчаные и легкосуглинистые | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,0—2,0 |
| Средне- и тяжелосуглинистые | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5—4,0 |

Более точно установить полную норму извести можно по величине гидролитической кислотности. При расчете нормы извести (в т CaCO_3 на 1 га) величину гидролитиче-

ской кислотности в мэкв на 100 г почвы (Нг) умножают на коэффициент 1,5 *. Например, гидролитическая кислотность почвы равна 4 мэкв на 100 г почвы. Норма CaCO_3 будет $4 \cdot 1,5 = 6$ т на 1 га.

Норма конкретных известковых удобрений (Н) вычисляется с учетом содержания в них суммы нейтрализующих кислотность веществ (в расчете на чистый CaCO_3) и количества крупных частиц (более 1 мм) по следующей формуле:

$$H = \frac{\text{Норма } (\text{CaCO}_3 \text{ т на 1 га}) \text{ по кислотности почвы} \cdot 100 \cdot 100}{\% \text{ CaCO}_3 \text{ в удобрении} \cdot (100 - \% \text{ частиц более 1 мм})}$$

Устанавливая норму известки для конкретных условий, необходимо учитывать механический состав почвы и особенности культур севооборота. На тяжелых почвах и под культуры, очень чувствительные к повышенной кислотности (свекла, кукуруза, клевер, люцерна, капуста и др.), лучше вносить полную норму известки, рассчитанную по гидролитической кислотности. На более легких малобуферных почвах и для культур, не чувствительных к кислотности (картофеля, люпина и др.), норму известки необходимо уменьшить на $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$.

Для лучшей организации известкования зональные агрохимические лаборатории на основе агрохимического обследования почв составляют и передают хозяйствам картограммы кислотности почвы, на которых выделяются участки с разной степенью кислотности и нуждаемости в известковании (см. рис. 4). Периодически (через 5 лет) агрохимические анализы повторяют для уточнения ранее составленных картограмм. В настоящее время ЦИНАО разработан программный комплекс «Искра» по составлению с помощью ЭВМ проектно-сметной документации на известкование, в которой определяются площадь почв, подлежащие известкованию по годам, необходимые нормы известки и общая потребность в известковых удобрениях, транспортных средствах и машинах для их внесения, затраты на известкование и их окупаемость в хозяйстве.

* Коэффициент 1,5 получается из следующего расчета: 1 мэкв Н эквивалентен 50 мг CaCO_3 . Поскольку Нг выражают в мэкв на 100 г почвы, то для перехода к массе почвы пахотного слоя на площади 1 га (который для среднесуглинистых дерново-подзолистых почв принимается равным 3 млн. кг), 50 умножают на 10 (для перехода от 100 г к 1 кг почвы) и на 3 000 000, а чтобы от миллиграммов перейти к тоннам, результат умножения делят на 1 000 000 000. Выполнив эти действия ($50 \cdot 10 \cdot 3\,000\,000 : 1\,000\,000\,000$), получим 1,5.

Работы по химической мелиорации почв в колхозах и совхозах осуществляются за счет бюджетных государственных средств либо подразделениями Сельхозхимии, либо силами самих хозяйств.

Разработка проектно-сметной документации по известкованию кислых почв проводится проектно-исследовательскими станциями химизации.

Известковые удобрения

Известковые удобрения получают размолом или обжигом твердых известковых пород (известняка, доломита, мела) или используют для известкования мягкие известковые породы и различные отходы промышленности, богатые известью.

Известняковая мука — основное промышленное известковое удобрение; получается при размоле или дроблении известняков. Они состоят в основном из карбоната кальция — CaCO_3 , но чаще всего доломитизированы, т. е. содержат также MgCO_3 (до 10—15% в расчете на MgO). Чем выше содержание в породе MgCO_3 , тем она тверже и прочнее. При большом содержании MgCO_3 (18—20% в расчете на MgO) порода называется доломитом, при ее размоле получается доломитовая мука. Известковые материалы, содержащие магний, для многих сельскохозяйственных культур (свекла, картофель, лен, клевер, люцерна, гречиха, морковь, лук и др.) более эффективны, чем известковые удобрения, не содержащие магния, особенно на бедных магнием песчаных и супесчаных почвах. При внесении их в почву устраняется или уменьшается отрицательное действие известкования полными нормами на картофель и лен.

Качество известковых удобрений оценивается по количеству соединений, нейтрализующих кислотность почвы, и по тонине помола. Промышленные известковые удобрения должны содержать не менее 85% CaCO_3 и MgCO_3 . Чем тоньше помол известняковой и доломитовой муки, тем скорее и полнее она растворяется, быстрее нейтрализует кислотность почвы и тем выше ее эффективность. Наиболее эффективна известняковая мука с тониной размола менее 0,25 мм. При высоком содержании грубых частиц (крупнее 1—3 мм) эффективность ее резко снижается. Согласно государственному стандарту, известняковая мука I класса должна содержать не более 5% частиц крупнее 1 мм и

70% — диаметром менее 0,25 мм, влажность ее не должна превышать 1,5%, а количество примесей не более 15%.

Жженая и гашеная известь. При обжиге известняков CaCO_3 превращается в CaO ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$), получается жженая (комовая) известь. При взаимодействии ее с водой образуется гидроксид кальция [$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$], так называемая гашеная известь (пушонка) — тонкий, рассыпающийся порошок. Гашеная известь получается также как отход на известковых заводах и при производстве хлорной извести. По способности нейтрализовать кислотность почвы 1 т $\text{Ca}(\text{OH})_2$ равна 1,35 т CaCO_3 . Пушонка — быстродействующее известковое удобрение. Эффективность ее в первый год после внесения может быть выше, чем CaCO_3 , но с годами их действие выравнивается.

Большое значение для известкования кислых почв имеют рыхлые известковые породы, не требующие размола: известковые туфы, или ключевая известь, гаж, или озерная известь, мергель, торфотуфы, природная доломитовая мука.

В качестве известковых удобрений могут использоваться также различные отходы промышленности: сланцевая зола, доменные и мартеновские шлаки, дефекат (дефекационная грязь) и др.

Сроки и способы внесения извести

Известь обладает длительным действием. Установлено, что полная норма извести может оказывать положительное влияние на урожай сельскохозяйственных культур в течение двух ротаций 7—8-польного севооборота, половинная норма — не более одной ротации (6—7 лет). С течением времени после внесения извести вновь происходит постепенное увеличение кислотности почвы (особенно быстро на малобуферных почвах и при систематическом применении физиологически кислых удобрений в высоких дозах) и возникает потребность в повторном известковании. Периодичность и эффективность повторного внесения извести зависят от ее нормы при первичном известковании и обеспеченности хозяйства минеральными удобрениями. При известковании половинными нормами и интенсивном применении минеральных удобрений периодичность известкования учащается, а эффективность повторного внесения извести достаточно высокая. Необходимость повторного известкования устанавливают на основе данных аг-

рохимического анализа почвы (определения степени ее кислотности) и расчета баланса кальция по результатам лизиметрических опытов.

Эффективность известкования в большой степени зависит от равномерного внесения извести в почву и тщательного перемешивания ее с почвой. Известь должна быть хорошо измельчена и перед заделкой равномерно рассеяна по поверхности почвы, что лучше всего достигается с помощью известковых сеялок и разбрасывателей. Пылевидные известковые удобрения — известняковая мука, сланцевая зола, цементная пыль и пылевидные отходы металлургической промышленности вносятся цементовозами или другими машинами этого типа. Необходимо применять такой способ заделки извести, при котором обеспечивается хорошее перемешивание ее со всем пахотным слоем почвы, — под плуг с осени под зяблевую вспашку или весной под перепашку зяби, лучше всего вместе с органическими удобрениями — навозом, торфом, компостами. При использовании фосфоритной муки ее лучше вносить под вспашку зяби, а известь — под перепашку или культивацию. С организационно-хозяйственной точки зрения наиболее удобно проведение известкования в парующих полях. В севооборотах с клевером объектом первоочередного известкования является покровная культура. В пропашных севооборотах известь в первую очередь необходимо вносить под кукурузу и корнеплоды, а в овощных — под капусту и свеклу или под их предшественники.

На естественных сенокосах и пастбищах известь вносят поверхностно. Известкование кислых почв резко повышает продуктивность кормовых угодий, при этом не только возрастает урожай, но и улучшаются состав травостоя, кормовые достоинства сена и пастбищного корма. Известкование является одним из основных мероприятий при залужении и создании культурных пастбищ на кислых почвах. Известь вносят под вспашку при проведении культуртехнических работ, можно вносить ее под культивацию.

Эффективность известкования

Под влиянием известкования возрастает использование растениями питательных веществ почвы и удобрений и значительно повышается урожайность сельскохозяйственных культур. На основании многочисленных опытов установлено, что этот прием на средне- и сильнокислых дерново-

подзолистых почвах увеличивает урожайность озимой пшеницы на 3—7 ц, ржи, яровой пшеницы, ячменя на 2—5, клеверного сена на 8—15 и больше, сахарной, кормовой свеклы и капусты на 40—100, кукурузы (зеленая масса) на 30—70, картофеля на 10—20 ц на 1 га. При известковании сильнокислых почв урожайность повышается в большей степени, чем средне- и слабокислых, и прибавки урожая возрастают с повышением нормы извести.

Известь медленно растворяется и взаимодействует с почвой, действие ее проявляется постепенно, поэтому эффект от известкования достигает максимума на второй-третий год.

При внесении полной дозы положительное действие извести на урожай проявляется в течение 8—10 лет. За это время каждая тонна извести дает общую прибавку урожайности всех выращиваемых культур, равную в пересчете на зерно 12—15 ц на 1 га.

Известкование является основным условием эффективного применения удобрений на кислых почвах. Эффективность минеральных и органических удобрений на известкованных почвах значительно возрастает.

Положительное действие наблюдается от совместного внесения извести и навоза. Опыты показывают, что на кислых подзолистых почвах сочетание известкования с внесением умеренных норм навоза в большинстве случаев дает такую же или более высокую прибавку урожайности сельскохозяйственных культур, как и двойная норма навоза нанеизвесткованной почве.

Эффективность минеральных удобрений на сильно- и среднекислых почвах при их известковании повышается на 35—50%, а слабокислых — на 15—20%. Прибавки урожая от совместного применения извести и минеральных удобрений обычно выше, чем сумма прибавок от раздельного их внесения.

Известкование кислых почв не только повышает урожай и эффективность удобрений, но и обеспечивает получение значительного экономического эффекта.

Экономическая эффективность известкования определяется величиной затрат на его проведение и стоимостью дополнительной продукции, получаемой от извести за все время ее действия.

Затраты на применение известковых удобрений зависят от используемых материалов, нормы извести, вида и дальности перевозок, технологии хранения и внесения. Рас-

ходы на применение 1 т CaCO_3 при перевозке до 500 км по железной дороге и до 25 км автотранспортом в среднем составляют от 8,5 руб. для стандартной известняковой муки до 10—16 руб. для нестандартных удобрений. В структуре издержек на известкование наибольшая доля затрат приходится на транспортировку, погрузочно-разгрузочные работы и внесение удобрений.

Прибавки урожайности от известкования и экономическая эффективность этого приема могут широко колебаться в зависимости от степени кислотности почв, норм извести и состава культур севооборота. Наибольшие чистый доход от известкования кислых почв и окупаемость затрат обеспечиваются в севооборотах с наличием культур, сильно отзывавшихся на известкование. Результаты многих полевых опытов показывают, что на сильно- и среднекислых почвах затраты на известкование окупаются стоимостью дополнительного урожая зерновых за 1—2 года, кормовых культур — менее чем за год, а картофеля и овощей — в трех-пятикратном размере в течение года. На слабокислых почвах время окупаемости затрат возрастает в 1,5 раза.

ГИПСОВАНИЕ СОЛОНЦОВ

В нашей стране имеются значительные площади почв с щелочной реакцией — это солонцы и сильносолонцеватые почвы полупустынной и степной зон СССР, много солонцов в районах целинных и залежных земель. Щелочная реакция этих почв определяется наличием катионов натрия в почвенном поглощающем комплексе и соды в почвенном растворе.

В зависимости от количества поглощенного натрия почвы подразделяются на слабосолонцеватые, содержащие 5—10% Na от общей емкости поглощения, солонцеватые — 10—20% Na и солонцы — более 20% Na.

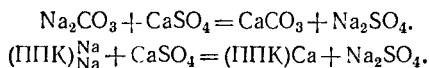
Солонцы в зависимости от глубины расположения солонцового горизонта делят на *корковые* — солонцовый горизонт залегает на глубине не более 7 см, *средне столбчатые* — на глубине 8—15 см и *глубокостолбчатые* — на глубине более 15 см.

Солонцы и солонцеватые почвы характеризуются плохими физическими свойствами: во влажном состоянии набухают и заплывают, а при высыхании твердеют, образуют корку и растрескиваются на глыбы; обработка их

сильно затруднена. Щелочная реакция солонцовых почв вредна для культурных растений. Плотный солонцовый горизонт препятствует проникновению корневой системы вглубь. Урожайность сельскохозяйственных культур на таких почвах крайне низкая.

Для коренного улучшения солонцов и солонцеватых почв, содержащих более 10% Na от общей емкости поглощения, необходимо проводить гипсование.

При внесении в почву гипса устраняется сода в почвенном растворе, а поглощенный почвой натрий вытесняется и заменяется кальцием с образованием в растворе нейтральной соли — сульфата натрия:



При образовании в растворе небольшого количества Na_2SO_4 он не оказывает вредного действия на растения, но при гипсовании солонцов, содержащих более 20% Na от емкости поглощения, в растворе появляется много сульфата натрия, и его необходимо удалять из почвы промыванием. В результате гипсования устраняется щелочная реакция солонцовых почв, улучшаются физические, физико-химические и биологические свойства почвы, повышается ее плодородие.

Для гипсования могут быть использованы следующие материалы.

Гипс сыромолотый — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — тонкоразмолотый серый или белый порошок, содержит 71—73% CaSO_4 .

Фосфогипс — отход туковых заводов, очень тонкий порошок, содержит 70—75% CaSO_4 и 2—3% P_2O_5 .

Глиногипс добывается из природных залежей, в естественном виде рыхлый, не требует размола, содержит от 63 до 92% CaSO_4 и от 1 до 19% глины.

Доза гипса в зависимости от количества поглощенного натрия и щелочности почвы может быть от 3 до 10 т на 1 га. Для расчета дозы гипса можно пользоваться формулой:

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ (в т на 1 га)} = (\text{Na} - 0,1 \text{ T}) \cdot 0,086 \text{ Hd},$$

где 0,086 — 1 мэкв $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, г; Na — содержание поглощенного натрия, мэкв на 100 г почвы; 0,1—10% Na от емкости поглощения (T), допустимое содержание поглощенного натрия в почве; H — глубина пахотного слоя, см; d — объемная масса почвы гипсуемого слоя, г/см³.

При орошении доза гипса может быть уменьшена на 25—30%. Полную дозу его можно вносить в несколько приемов в течение 2—3 лет.

На корковых солонцах гипс вносят после вспашки и заделывают культиватором. На глубокостолбчатых солонцах при залегании солонцового горизонта на глубине более 15 см всю дозу гипса рассеивают и заделывают плугом с предплужником. При расположении солонцового горизонта на глубине 7—15 см гипс можно вносить под вспашку или культивацию, а также в два приема — по половинной дозе под каждую из этих обработок почвы.

По данным опытов, гипсование без орошения в Черноземной зоне повышает урожайность зерновых в среднем на 3—6 ц, в зоне каштановых почв — на 2—3 ц на 1 га. При орошении эффективность гипсования выше. Значительно возрастает действие гипса при заделке его под глубокую перепахку с одновременным внесением навоза, компостов, применением зеленого удобрения. При гипсовании возрастает эффективность как органических, так и минеральных удобрений (табл. 23).

23. Действие гипса в сочетании с внесением навоза и минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы
(данные Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства)

| Вариант опыта | Среднестолбчатые солонцы | | Глубокостолбчатые солонцы | |
|--|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | урожайность (ц с 1 га) | прибавка урожайности (ц на 1 га) | урожайность (ц с 1 га) | прибавка урожайности (ц на 1 га) |
| Контроль | 1,7 | — | 4,5 | — |
| Гипс 5 т + N ₆₀ P ₆₀ | 9,5 | 7,8 | 12,6 | 8,1 |
| Гипс 5 т + навоз 40 т | 15,4 | 13,7 | 16,2 | 11,7 |
| Гипс 10 т + навоз 40 т | 12,1 | 10,4 | 18,6 | 14,1 |

Если под солонцовым горизонтом на небольшой глубине залегает слой, богатый CaCO₃ или CaSO₄, то можно проводить глубокую мелиоративную вспашку, при которой этот слой выворачивается и перемешивается с солонцовым слоем. Этот прием называется самогипсованием солонцов. После внесения гипса или мелиоративной вспашки на

неорошаемых площадях необходимо снегозадержание, а при орошении желателен полив.

Положительное влияние гипсования на плодородие почвы наблюдается в течение 8—10 лет, причем вследствие постепенного взаимодействия гипса с почвой действие его из года в год возрастает.

Гипс вносят не только для химической мелиорации солонцов, но и с целью улучшения питания растений кальцием и серой на других почвах, прежде всего в Не-черноземной зоне.

Гипс, содержащий кальций и серу, как удобрение применяют прежде всего под бобовые травы — клевер и люцерну, которые потребляют этих элементов значительно больше, чем другие культуры. Вносят его на травах поверхностно, под другие культуры — в почву в дозе 3—4 ц на 1 га. Положительное действие гипса на рост, развитие и урожайность растений на кислых почвах обусловлено не только улучшением питания кальцием и серой, но и повышением устойчивости растений к кислотности при увеличении концентрации кальция в почвенном растворе, улучшением доступности калия. Прибавки урожая клеверного сена от внесения гипса на дерново-подзолистых почвах составляют 7—10 ц, на серых лесных почвах и выщелоченных черноземах до 6—7 ц на 1 га.

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Минеральные удобрения содержат питательные вещества в виде различных минеральных солей. В зависимости от того, какие питательные элементы содержатся в них, удобрения подразделяют на простые и комплексные.

Простые (односторонние) удобрения содержат один какой-либо элемент питания. К ним относятся: азотные, фосфорные, калийные удобрения и микроудобрения.

Комплексные, или многосторонние, удобрения содержат одновременно два или более основных питательных элемента.

Содержание действующего вещества в удобрениях выражается в процентах массы: в азотных удобрениях — в расчете на N, в фосфорных — на P_2O_5 , в калийных — на K_2O . Для пересчета дозы удобрения в килограммах действующего вещества на физические удобрения указываемую дозу N, P_2O_5 и K_2O делят на процент действующего вещества в соответствующих удобрениях. Например, доза 70 кг N на 1 га при использовании аммиачной селитры (содержащей 34% N) будет составлять $70 : 34,5 \approx 2$ ц удобрения на 1 га.

9 34% — 100% Fe
АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Значение азота для растений, содержание и превращение его в почве

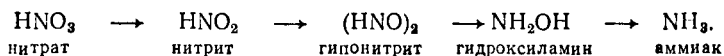
Азоту принадлежит ведущая роль в повышении урожая сельскохозяйственных культур. Д. Н. Прянишников подчеркивал, что главным условием, определяющим среднюю высоту урожая, была степень обеспеченности сельскохозяйственных растений азотом.

Огромное значение азотных удобрений в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур обуслови-

вается исключительно важной ролью азота в жизни растений. Азот входит в состав белков, являющихся главной составной частью цитоплазмы и ядра клеток, в состав нуклеиновых кислот, хлорофилла, ферментов, фосфатов, большинства витаминов и других органических азотистых соединений, которые играют важную роль в процессах обмена веществ в растении.

Основным источником азота для растений являются соли азотной кислоты (нитраты) и соли аммония. В естественных условиях питание растений азотом происходит путем потребления ими аниона NO_3^- и катиона NH_4^+ , находящихся в почвенном растворе и в обменно-поглощенном почвенными коллоидами состоянии. Поступившие в растения минеральные формы азота проходят сложный цикл превращения, в конечном итоге включаясь в состав органических азотистых соединений — аминокислот, амидов и, наконец, белка. Синтез органических азотистых соединений происходит через аммиак, образованием его завершается и их распад. Аммиак, по выражению Д. Н. Прянишникова, «...есть альфа и омега в обмене азотистых веществ у растений».

Нитратный азот не может непосредственно использоваться растениями для синтеза аминокислот. Нитраты в растениях подвергаются сначала ступенчатому — через нитрит, гипонитрит и гидроксиламин — ферментативному восстановлению до аммиака:

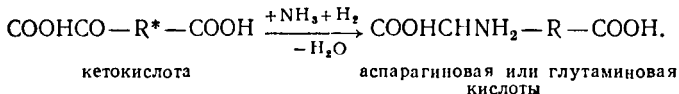


Восстановление нитратов происходит с участием ферментов, содержащих микроэлементы — молибден, медь, железо и марганец, — и требует затрат энергии, аккумулируемой в растениях при фотосинтезе и окислении углеводов. Восстановление нитратов в растениях осуществляется по мере использования образующегося аммиака на синтез органических азотистых соединений. Нитраты безвредны для растений и могут накапливаться в их тканях в значительных количествах. Однако содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции (кормах и овощах) выше определенного предела может оказывать токсическое действие на организм животных и человека.

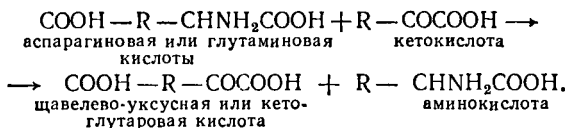
Основной путь образования аминокислот, находящихся в растениях частично в свободном состоянии и главным

образом в составе белка, — аминирование органических кетокислот — продуктов неполного окисления углеводов.

Аммиачный азот, поступивший в растение и образовавшийся при восстановлении нитратов, в первую очередь присоединяется к кетокислоте (щавелево-уксусной, кетоглутаровой или фумаровой), образуя аспарагиновую и глутаминовую аминокислоты.

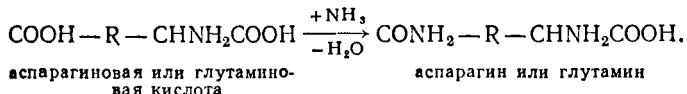


Широкий набор аминокислот, входящих в состав белка, синтезируется переаминированием аспарагиновой и глутаминовой кислот и их амидов — аспарагина и глутамина, а также в результате ряда других специфических реакций. В процессе переаминирования под воздействием соответствующих ферментов аминогруппы указанных соединений переносятся на другие органические кетокислоты.



Важную роль в метаболизме азота и углеводном обмене растений играют реакции дезаминирования аминокислот, т. е. отщепление аминогруппы от аминокислот с образованием аммиака и соответствующей кетокислоты. Аммиак вновь используется для аминирования кетокислот, а высвободившаяся кетокислота включается в цикл превращения углеводов.

Особое значение в азотном обмене растений принадлежит амидам — аспарагину и глутамину, образующимся при присоединении еще одной молекулы аммиака к аспарагиновой и глутаминовой кислотам.



Классическими исследованиями Д. Н. Прянишникова установлено, что в результате образования амидов про-

* R-группы — CH₂ или —CH₂—CH₂— соответственно у аспарагиновой (щавелево-уксусной) или глутаминовой (кетоглутаровой) кислот.

исходит обезвреживание аммиака, который может накапливаться в растениях при дезаминировании аминокислот или обильном аммиачном питании при недостатке углеводов.

При недостатке углеводов и, следовательно, органических кетокислот (особенно при прорастании семян, имеющих малый запас углеводов, например сахарной свеклы) избыточное поступление аммиачного азота в растения может оказать отрицательное действие. В этом случае аммиачный азот не успевает использоваться на синтез аминокислот и накапливается в тканях, вызывая «аммиачное отравление» растений. Те растения, в посевном материале которых содержится много углеводов (например, крахмала у картофеля), быстро усваивают поступающий аммиачный азот и хорошо отзываются на внесение аммиачных удобрений.

Биосинтез белка, состоящего из аминокислот, соединенных между собой пептидными связями, происходит с участием нуклеиновых кислот, являющихся матрицей, на которой фиксируются и соединяются аминокислоты с образованием разнообразных белковых молекул.

В процессе роста и развития в растениях постоянно синтезируется огромное количество разнообразных белков. Они различаются по молекулярной массе, составу аминокислот и их последовательности в полипептидных цепях, по функциональным свойствам. Белки, синтезируемые на различных фазах развития растений, как и белки отдельных органов и клеток, имеют качественные отличия. Для биосинтеза белков, как и других сложных органических соединений, требуется затрата большого количества энергии. Основные источники ее в растениях — фотосинтез и дыхание (окислительное фосфорилирование), поэтому существует тесная связь между синтезом белка и интенсивностью дыхания и фотосинтеза.

Наряду с синтезом в растениях происходит распад белков на аминокислоты с отщеплением аммиака под действием протеолитических ферментов. В молодых растущих органах и растениях синтез белков превышает распад, по мере старения процессы расщепления активизируются и начинают преобладать над синтезом.

В разные фазы роста и развития растений ход процессов обмена азотистых веществ неодинаков. При прорастании семян происходит расщепление запасных белков эндосперма или семядолей, и продукты гидролиза исполь-

зуются для построения белков. После формирования фотосинтезирующего листового аппарата и корневой системы питание растений и синтез белка осуществляются за счет минерального азота, поглощаемого из почвы. Наиболее интенсивно поглощение и усвоение растениями азота из окружающей среды происходят в период максимального роста и образования вегетативных органов — стеблей и листьев. Из стареющих частей растений, в которых преобладают процессы распада белка, продукты его гидролиза передвигаются в молодые интенсивно растущие органы. При формировании семян белковые вещества вегетативных частей растения подвергаются гидролизу и образующиеся продукты оттекают в репродуктивные органы, где снова используются на синтез белка. В это время потребление растениями азота из почвы ограничивается или практически заканчивается.

Работами Д. Н. Прянишникова и его учеников доказано, что аммонийный и нитратный азот при определенных условиях — равноценные источники питания для растений.

Преимущественное использование растениями аммонийного или нитратного азота зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются: биологические особенности культуры, обеспеченность ее углеводами, реакция среды, наличие кальция, калия и других элементов питания, в том числе микроэлементов. При нейтральной реакции аммонийный азот усваивается растениями лучше, а при кислой — хуже, чем нитратный. Повышенное содержание кальция, магния и калия создает более благоприятные условия для усвоения аммонийного азота, а при нитратном питании важное значение имеет достаточная обеспеченность фосфором и молибденом. Недостаток молибдена тормозит восстановление нитратов и ограничивает ассимиляцию нитратного азота растениями. В естественных условиях сравнительная ценность для растений нитратных и аммиачных (аммонийных) форм азотных удобрений в значительной степени определяется их поведением, превращениями в почве и свойствами последней.

Условия азотного питания оказывают большое влияние на рост и развитие растений. При достаточном снабжении растений азотом в них усиливается синтез органических азотистых веществ. Растения образуют мощные листья и стебли с интенсивно-зеленой окраской, хорошо растут и кустятся; улучшается формирование и развитие органов

плодоношения. В результате резко повышаются урожай и содержание белка в нем. Однако при одностороннем избытке азота задерживается созревание растений, они образуют большую вегетативную массу, но мало зерна или клубней и корнеплодов; у зерновых и льна избыток азота может вызывать полегание.

При недостатке азота рост растений резко замедляется, листья бывают мелкие, бледно-зеленой окраски, что связано с нарушением синтеза хлорофилла, преждевременно желтеют, стебли становятся тонкими и слабо ветвятся. Ухудшаются также формирование и развитие репродуктивных органов и налив зерна, сильно снижаются урожай и содержание белка в нем.

Содержание азота в растениях. Основное количество азота (до 90% общего содержания) находится в семенах в составе белка. Растительные белки содержат азота от 14 до 18%, т. е. в среднем около 16%.

Наиболее богаты азотом семена бобовых и масличных культур, меньше его в зерне злаков (см. табл. 3). В вегетативных органах растений азота значительно меньше, чем в семенах. Так, в зерне пшеницы содержание азота составляет от 2,3 до 3,5% сухого вещества, а в соломе — от 0,4 до 0,7%. Из вегетативных органов азотом богаче листья, особенно молодые, меньше его в стеблях и корнях. В листьях и стеблях растений, а также в корнеплодах и клубнях доля небелкового азота может быть значительной. Например, в листовых овощах, корнях сахарной, кормовой свеклы и моркови, клубнях картофеля небелковые соединения азота в момент достижения товарной спелости составляют половину общего количества этого элемента. Растения для формирования хорошего урожая выносят из почвы значительное количество азота: зерновые около 100—150 кг, кукуруза, картофель, сахарная свекла — до 150—250 кг с 1 га.

Содержание азота в почвах зависит от количества в них гумуса. В черноземах общее содержание азота достигает 0,4—0,5%, а в дерново-подзолистых почвах и сероземах — только 0,05—0,15%. Общий запас азота в пахотном слое разных почв колеблется от 1500 до 15 000 кг на 1 га.

Основная масса почвенного азота (до 99%) находится в виде органических соединений (белковых и гумусовых веществ), недоступных для питания растений. Скорость минерализации органических соединений азота почвенными микроорганизмами до аммиака и нитратов зависит от ус-

ловий аэрации, влажности, температуры и реакции почвы. Поэтому количество минеральных соединений азота в почвах сильно колеблется — от следов до 2—3% общего содержания азота.

Разложение азотистых органических веществ в почве в общем виде может быть представлено следующей схемой: гуминовые вещества, белки → аминокислоты, амиды → → аммиак → нитриты → нитраты → молекулярный азот.

Распад органических азотосодержащих веществ почвы до аммиака называется *аммонификацией*. Этот процесс осуществляется многочисленными аэробными и анаэробными почвенными микроорганизмами и происходит во всех почвах при разной реакции среды, но замедляется в анаэробных условиях и при сильнокислой и щелочной реакциях.

Аммонийный азот в почве подвергается *нитрификации* — окислению до нитритов, а затем нитратов. Этот процесс осуществляется группой специфических аэробных бактерий, для которых окисление аммиака является источником энергии. Оптимальные условия для нитрификации — хорошая аэрация, влажность почвы 60—70% капиллярной влагоемкости, температура 25—32 °С и близкая к нейтральной реакция. Интенсивная нитрификация — один из признаков культурного состояния почвы. На кислых подзолистых почвах в условиях плохой аэрации, избыточной влажности и низкой температуры процессы минерализации протекают слабо и останавливаются на стадии образования аммония. Нитрификация из-за неблагоприятных условий для деятельности нитрифицирующих бактерий бывает подавлена и происходит медленно.

На окультуренных, хорошо обработанных почвах процессы аммонификации и нитрификации идут интенсивнее, больше образуется минеральных соединений азота, особенно нитратов. Известкование кислых почв, систематическое внесение органических и минеральных удобрений, усиливая микробиологическую деятельность в почве, резко повышают интенсивность минерализации органического вещества и образования усвояемых соединений азота.

Круговорот азота в земледелии

Минеральные соединения азота не накапливаются в почве в больших количествах, так как потребляются растениями, а также используются микроорганизмами и частично снова превращаются в органическую форму.

Азотные удобрения усиливают минерализацию почвенного органического вещества и значительно увеличивают усвоение растениями азота из почвы. До недавнего времени считалось, что растения используют 70—80% азота удобрений. Коэффициент использования растениями азота удобрений определялся разностным методом — по разнице в выносе азота с урожаем при внесении азота и без внесения, выраженный в % внесенного количества N удобрений. При этом допускалось, что растения в том и другом случае усваивают одинаковое количество азота из почвы. Применение в агрохимических исследованиях метода меченых атомов (в опытах использовали соединения азота, меченные стабильным изотопом азота ^{15}N) позволило установить, что в полевых условиях растения усваивают непосредственно из удобрений лишь 30—50% азота. Однако при внесении азотных удобрений усиливается минерализация почвенного азота и усвоение его растениями. Коэффициенты использования азота различных форм азотных удобрений существенно не различаются, за исключением экстремальных условий их применения. Показано также, что 10—20% азота нитратных и 30—40% аммиачных, аммонийных удобрений и мочевины закрепляется в почве в органической форме. Превращение азота в органическую форму резко возрастает при запашке в почву органического вещества с низким содержанием азота (пожнивные растительные остатки, солома злаковых и солоmistый навоз). Закрепившийся азот медленно минерализуется и слабо усваивается растениями, поэтому последствие азотных удобрений незначительно.

Следовательно, одновременно с минерализацией органического вещества в почве происходит закрепление минеральных соединений азота вновь в органическую форму. Но при этом азот не теряется, а лишь временно переходит в недоступные растениям соединения. Соотношение процессов минерализации и новообразования органических азотсодержащих веществ имеет важное значение в азотном режиме почв.

Для закрепления нитратного азота в почве особое значение, как уже отмечалось, имеет биологическое поглощение. Нитраты легко передвигаются в почве и могут вымываться из корнеобитаемого слоя осадками и дренажными водами. Вымывание нитратов из тяжелых почв под растениями обычно незначительно (в среднем 3—5 кг с 1 га). Однако на легких, особенно парующих, почвах в увлаж-

ненных районах, а также в условиях орошаемого земледелия такие потери могут достигать значительных величин (до 30—50 кг на 1 га и более).

Потери азота почвы и удобрений в основном происходят вследствие *денитрификации* — процесса восстановления нитратного азота до свободного молекулярного азота (N_2) или до газообразных окиси и закиси азота (NO и N_2O). Биологическая денитрификация осуществляется группой денитрифицирующих бактерий и особенно интенсивно идет в анаэробных условиях и щелочной реакции почвы при наличии богатого клетчаткой органического вещества. Биологическая денитрификация протекает и в обычных условиях реакции среды, аэрации и увлажнения, поскольку в почвах неизбежны анаэробные микрозоны, а диапазон благоприятной реакции для развития денитрификаторов довольно широкий. Косвенная, или «хемоденитрификация» связана с образованием газообразных окислов азота и молекулярного азота при химическом взаимодействии промежуточных продуктов нитрификации (нитритов и гидроксиламина) с NH_4^+ , аминокислотами и с органическим веществом почвы, а также в результате разложения азотистой кислоты (особенно при кислой реакции) до NO . Потери азота при денитрификации нитратов, образующихся при нитрификации аммиачного азота почвы и вносимых аммиачных азотных удобрений и мочевины, а также из нитратных азотных удобрений, весьма существенны. Исследования с применением ^{15}N показали, что потери азота аммиачных удобрений составляют около 20%, а нитратных — до 30% и более внесенного количества. Потери азота удобрений резко возрастают в парующей почве и достигают 40—50%.

Следовательно, в круговороте азота в земледелии процессы нитрификации наряду с положительной играют и отрицательную роль, так как образующиеся нитраты могут вымываться и теряться из почвы в виде газообразных продуктов при денитрификации. Один из путей снижения потерь азота почвы и удобрения вследствие денитрификации и вымывания нитратов — применение ингибиторов нитрификации. Эти препараты тормозят нитрификацию и сохраняют минеральный азот почвы и удобрений в аммонийной форме. Особенно эффективно использование ингибиторов нитрификации в районах орошаемого земледелия под хлопчатник и на рисовых плантациях, а также на легких почвах в зоне достаточного увлажнения.

При поверхностном внесении твердых аммонийных удобрений и мочевины могут происходить потери азота в форме аммиака, особенно на карбонатных и щелочных почвах. Однако заделка удобрений в почву практически устраняет такие потери. Потери азота значительно уменьшаются при правильном применении органических и минеральных удобрений в сочетании с рациональной системой обработки почвы и орошения.

Азот, усвоенный растениями, лишь частично снова возвращается в почву с навозом, та же часть азота, которая содержится в товарной продукции (зерно, волокно льна, клубни картофеля и т. д.), отчуждается из хозяйства.

Чтобы получать высокие, устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, необходимо постоянно заботиться о пополнении запасов азота в почве. Единственным естественным источником пополнения запасов азота в почве является азот атмосферы.

В атмосфере над каждым гектаром почвы находится около 80 тыс. т азота, но молекулярный азот воздуха недоступен для большинства растений (кроме бобовых) в природных условиях.

Связывание молекулярного азота воздуха и пополнение запасов азота в почве происходит двумя путями. Небольшое количество связанного азота (до 3—5 кг на 1 га) образуется в атмосфере под действием грозовых разрядов и в виде азотистой и азотной кислоты поступает в почву с осадками. Большее значение для питания растений имеет фиксация азота воздуха азотфиксирующими микроорганизмами, свободно живущими в почве (азотобактер, клубеньковидный и др.), и клубеньковыми бактериями, живущими в симбиозе с бобовыми растениями (биологический синтез азота).

Свободноживущие азотфиксаторы ассимилируют до 5—10 кг азота на 1 га. Размеры симбиотической азотфиксации зависят от вида бобового растения. Так, клевер может накапливать 150—160 кг азота, люпин — 100—170, люцерна — 250—300, соя — 100, горох, вика и фасоль — 70—80 кг на 1 га. Примерно $\frac{1}{3}$ связанного бобовыми азота остается в пожнивных и корневых остатках и после минерализации может использоваться культурами, следующими в севообороте после бобовых.

В среднем на 1 т сена (содержащую 25—30 кг азота) в корневых и послеуборочных остатках содержится и поступает в почву 10—15 кг азота. Вклад биологического азота

В азотный баланс определяется площадью, занимаемой многолетними бобовыми травами и их урожаем, от которого зависит количество азота, оставляемого в почве в корневых и послеуборочных остатках. Если площадь, занятая бобовыми травами, составляет 10% общей посевной площади, а урожай сена равен 4 т с 1 га, то ежегодное поступление в почву азота на 1 га посевов бобовых составит 40—60 кг, а в среднем на 1 га всей посевной площади — 4—6 кг.

Следовательно, суммарное поступление азота за счет указанных выше источников далеко не компенсирует выноса азота урожаями сельскохозяйственных культур и потерь его из почвы в результате вымывания и денитрификации. Поэтому для получения высоких урожаев всех сельскохозяйственных культур и повышения качества урожая громадное значение имеет внесение в почву минеральных азотных удобрений, получаемых путем искусственного синтеза из азота воздуха на химических заводах.

На большинстве почв Советского Союза и особенно в достаточно увлажненных районах на дерново-подзолистых, серых лесных и выщелоченных черноземах, а также при орошении на сероземах и других почвах азотные удобрения имеют решающее значение в повышении урожаев. Они дают наибольшие прибавки урожайности.

По данным многих полевых опытов, азотные удобрения дают в этих районах около 60% общей прибавки урожая, получаемой от полного минерального удобрения (NPK). Их применяют под все культуры, за исключением бобовых, потребность которых в азоте обеспечивается за счет фиксации азота воздуха клубеньковыми бактериями.

Производство и применение азотных удобрений в нашей стране росло в последние годы очень быстрыми темпами. С 1950 по 1980 г. общее потребление в сельском хозяйстве минеральных удобрений увеличилось в 15 раз (с 1,26 до 19,0 млн. т питательных веществ), а потребление азотных удобрений — в 20 раз (с 0,37 до 7,6 млн. т азота). К 1985 г. применение их достигнет 11,3 млн. т азота, что составит 48 кг N на 1 га пашни.

Быстрое увеличение производства азотных удобрений в последние годы позволило применять их не только под технические, но и на больших площадях под зерновые и кормовые культуры.

Главное место в ассортименте выпускаемых в нашей стране азотных удобрений в 1980 г. занимали более концентрированные формы: мочевина (27%), аммиачная селит-

ра (39%), безводный аммиак (4%) и сложные удобрения (22%), а доля низкопроцентных удобрений (сульфата аммония, аммиачной воды, кальциевой и натриевой селитры) непрерывно снижается.

Азотные удобрения подразделяются на четыре группы:

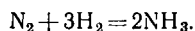
Нитратные удобрения (селитры), содержащие азот в нитратной форме, — NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Аммонийные и аммиачные удобрения, содержащие азот соответственно в аммонийной или аммиачной форме, — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, и жидкие азотные удобрения (безводный аммиак и аммиачная вода).

Аммонийно-нитратные удобрения, содержащие азот в аммонийной и нитратной форме, — NH_4NO_3 .

Удобрение, содержащее азот в амидной форме, — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

Производство различных азотных удобрений основано главным образом на получении синтетического аммиака из молекулярного азота и водорода. Азот получают пропусканием воздуха в генератор с горящим коксом, а источником водорода служат природный газ, нефтяные и коксовые газы. Из смеси N_2 и H_2 (в отношении 1 : 3) при высокой температуре и давлении в присутствии катализаторов получают аммиак:



Синтетический аммиак используют не только для производства аммонийных солей, но и азотной кислоты, которая идет для получения аммонийно-нитратных и нитратных удобрений.

Нитратные удобрения

Нитратные удобрения — натриевая и кальциевая селитра — составляют менее 1% выпускаемых азотных удобрений, однако рассмотрение их свойств и превращений в почве представляет интерес с точки зрения правильного понимания особенностей применения других азотных удобрений.

Натриевая селитра (нитрат натрия, азотнокислый натрий, чилийская селитра) — NaNO_3 — содержит 16—16,4% азота и 26% натрия.

Выпускаемая в настоящее время натриевая селитра — побочный продукт при получении азотной кислоты из аммиака. Это мелкокристаллическая соль белого или желто-

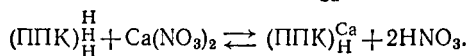
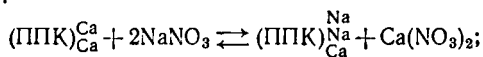
вато-бурого цвета, хорошо растворимая в воде. Обладает слабой гигроскопичностью, но при хранении в неблагоприятных условиях может слеживаться. При правильном хранении не слеживается и сохраняет хорошую рассыпаемость.

Кальциевая селитра (нитрат кальция, азотнокислый кальций) — $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — содержит не менее 17,5% азота. Получается при нейтрализации азотной кислоты известью, а также в качестве побочного продукта при производстве комплексных удобрений — нитрофосок — методом азотно-кислотной переработки фосфатов. Кристаллическая соль белого цвета, хорошо растворимая в воде. Обладает высокой гигроскопичностью и даже при нормальных условиях хранения сильно отсыревает, расплывается и слеживается. Хранят и перевозят ее в специальной водонепроницаемой упаковке. Для уменьшения гигроскопичности гранулируется с применением гидрофобных покрытий. Однако гранулирование не устраняет полностью неблагоприятные физические свойства удобрения.

Натриевая и кальциевая селитра — физиологически щелочные удобрения. Растения в большем количестве потребляют анионы NO_3^- , чем катионы Na^+ или Ca^{2+} , которые, оставаясь в почве, сдвигают реакцию в сторону подщелачивания. Эти удобрения при систематическом применении на кислых дерново-подзолистых почвах снижают почвенную кислотность.

Особенно хорошие результаты на кислых, бедных основаниями почвах дает кальциевая селитра. При ее внесении уменьшается кислотность и улучшаются физические свойства почвы, так как кальций коагулирует почвенные коллоиды.

В почве селитры быстро растворяются и вступают в обменные реакции с катионами почвенного поглощающего комплекса:



Катионы Na^+ или Ca^{2+} поглощаются почвой, а анионы NO_3^- остаются в почвенном растворе, сохраняя высокую подвижность. Поэтому в условиях влажного климата или при обильном орошении, особенно на легких почвах, нитратный азот может вымываться, а также теряться в виде газообразных продуктов в ходе денитрификации.

Селитры не рекомендуется вносить осенью, их лучше заделывать весной под предпосевную культивацию. Очень хорошо использовать эти удобрения в подкормку под озимые и пропашные культуры, а натриевую селитру — также в рядки при посеве сахарной свеклы, кормовых и столовых корнеплодов. Высокая эффективность натриевой селитры при внесении под корнеплоды связана с ролью натрия. Он усиливает отток углеводов из листьев в корни, в результате повышаются урожай корней и содержание в них сахара.

Аммонийные и аммиачные удобрения

Твердые аммонийные удобрения составляют около 6% валового производства азотных удобрений.

Твердые аммонийные удобрения. Сульфат аммония (сернокислый аммоний) — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — содержит 20,8—21% азота. Кристаллическая соль, хорошо растворимая в воде; гигроскопичность ее очень слабая, поэтому при нормальных условиях хранения слеживается мало и сохраняет хорошую рассеваемость. Получают сульфат аммония улавливанием серной кислотой газообменного аммиака из газов, образующихся при коксовании каменного угля, или нейтрализацией синтетическим аммиаком отработанной серной кислоты различных химических производств. Большое количество сульфата-аммония вырабатывается в качестве побочного продукта при производстве капролактама.

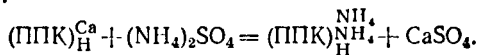
Синтетический сульфат аммония белого цвета, а коксохимический из-за наличия органических примесей имеет серую, синеватую или красноватую окраску.

Удобрение содержит около 24% серы и является хорошим источником этого элемента для питания растений.

Хлористый аммоний — NH_4Cl — получали как побочный продукт при производстве соды, содержит 24—25% азота. Из-за содержания большого количества хлора (67%) малопригоден для культур, чувствительных к этому элементу (табак, цитрусовых, картофеля и др.).

Сульфат аммония (и хлористый аммоний) — удобрения физиологически кислые, так как растения быстрее и в большем количестве потребляют катионы NH_4^+ , чем анионы SO_4^{2-} (или Cl^-). При однократном внесении умеренных доз этих удобрений заметного подкисления почвы не наблюдается, но при систематическом применении, особенно на

малобуферных почвах, происходит значительное их подкисление. После внесения в почву аммонийные удобрения быстро растворяются в почвенной влаге и вступают в обменные реакции с катионами почвенного поглощающего комплекса:



Поглощенный аммоний хорошо доступен для растений. В то же время подвижность его в почве и опасность вымывания в условиях обильного увлажнения уменьшаются. Аммонийные удобрения можно вносить заблаговременно, с осени, под зяблевую вспашку.

Поглощение аммония почвой и его меньшая подвижность могут играть и отрицательную роль. Аммонийный азот локализуется в почве в очагах его внесения и очень слабо передвигается, поэтому при внесении аммонийных удобрений в подкормку или в рядки при посеве использование азота молодыми растениями, имеющими слаборазвитую корневую систему, затруднено. Кроме того, интенсивное поступление аммонийного азота в молодые проростки растений с малым запасом углеводов в семенах может оказать на них отрицательное влияние из-за токсического действия избытка аммиака.

В рядки или подкормку лучше вносить нитратные удобрения, аммонийные применяют преимущественно до посева в качестве основного удобрения. С течением времени разница в подвижности нитратных и аммонийных удобрений сглаживается, так как аммонийный азот постепенно подвергается нитрификации и переходит в нитратную форму.

Хлористый аммоний нитрифицируется медленнее, чем сульфат-аммоний, что связано, очевидно, с отрицательным влиянием хлора на деятельность нитрифицирующих бактерий.

В результате нитрификации аммонийных удобрений образуется HNO_3 , освобождается H_2SO_4 или HCl . Эти кислоты подкисляют почвенный раствор и вытесняют основания из почвенного поглощающего комплекса. При систематическом применении аммонийных удобрений, особенно на малобуферных слабокультуренных дерново-подзолистых почвах, повышается актуальная, обменная и гидролитическая кислотность, уменьшается степень насыщенности почвы основаниями, увеличивается содержание подвижных форм алюминия и марганца. В результате ухудшаются

условия роста растений и снижается эффективность удобрений. Возрастает потребность в известковании.

Особенно сильно реагируют на подкисляющее действие аммонийных удобрений культуры, чувствительные к почвенной кислотности: клевер, пшеница, ячмень, свекла, капуста. Для этих культур аммонийные удобрения уже с первых лет их применения оказываются менее эффективными, чем нитратные. Известкование дерново-подзолистых почв устраняет отрицательное влияние аммонийных удобрений на свойства почвы. Хорошая заправка почвы навозом, повышая ее буферность, также снижает отрицательное действие этих удобрений на свойства почвы и имеет важное значение для более эффективного их применения.

Жидкие азотные удобрения. *Жидкий аммиак* — NH_3 — содержит 82,2% азота. Получается сжижением газообразного аммиака под давлением. По внешнему виду бесцветная, подвижная жидкость, плотность 0,61 при 20°C, температура кипения 34°C. При хранении в открытых сосудах NH_3 быстро испаряется. Жидкий аммиак обладает высокой упругостью паров (при 10°C 5,2 кгс/см² и при 38°C 14 кгс/см²), поэтому его хранят и транспортируют в стальных баллонах или цистернах, выдерживающих высокое давление.

Аммиачная вода (водный аммиак) — NH_4OH — водный 25%-ный и 22%-ный раствор аммиака, выпускается двух сортов — с содержанием азота 20,5 и 18%. Бесцветная или желтоватая жидкость с резким запахом аммиака (нашатырного спирта). Упругость паров небольшая. Хранить и транспортировать аммиачную воду можно в герметически закрывающихся резервуарах (цистернах, баках), рассчитанных на невысокое давление. В аммиачной воде азот находится в форме NH_3 и NH_4OH , причем аммиака содержится больше, чем аммония. Этим обусловлена возможность потерь азота за счет улетучивания NH_3 при перевозке, хранении и внесении удобрения. Использовать ее в качестве удобрения проще и безопаснее, чем жидкий аммиак, но недостатком является низкое содержание азота. Поэтому производство аммиачной воды уменьшается, а безводного аммиака увеличивается.

Преимущество жидких азотных удобрений заключается в том, что производство и применение их обходится значительно дешевле, чем твердых. При производстве жидких азотных удобрений отпадает необходимость в строительстве цехов азотной кислоты, кристаллизации, упарки, гра-

нуляции, сушки, что позволяет значительно снизить капиталовложения на строительство азотно-тукового завода равноценной (по азоту) мощности. Стоимость единицы азота в жидком и водном аммиаке примерно в 1,5—2 раза меньше, чем в аммиачной селитре. Кроме того, как показали широкие производственные испытания, в 2—3 раза сокращаются затраты труда на внесение жидких удобрений, так как отпадают все работы по подготовке удобрений к внесению (дробление, просеивание, засыпка в туковые сеялки и т. п.), а все операции по их использованию (погрузке, выгрузке, внесению в почву) полностью механизированы. При правильном применении жидкие азотные удобрения дают такие же прибавки урожайности культур, как и равная доза азота в аммиачной селитре.

Жидкие азотные удобрения вносят специальными машинами, обеспечивающими немедленную заделку их на глубину не менее 10—12 см на тяжелых почвах и 14—18 см на легких. Поверхностное внесение этих удобрений недопустимо, так как аммиак быстро испаряется. При более мелкой заделке также возможны значительные его потери, особенно на легких песчаных и супесчаных почвах. Из влажной почвы потери аммиака значительно меньше, чем из сухой.

При внесении жидких аммиачных удобрений ион аммония (безводный аммиак превращается в газ и связывается почвенной влагой с образованием гидроокиси аммония) обменно поглощается и поэтому слабо передвигается в почве. В первые дни после заделки удобрений почва подщелачивается, а затем по мере нитрификации аммиачного азота ее реакция сдвигается в сторону подкисления. При нитрификации азота удобрений возрастает его подвижность в почве. В зоне внесения безводного аммиака происходит временная стерилизация почвы и скорость нитрификации замедляется.

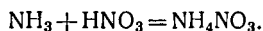
Жидкие азотные удобрения можно применять как основное (допосевное) удобрение под все культуры и вносить не только под предпосевную культивацию, но и осенью под зяблевую вспашку. Их можно применять и для подкормки пропашных культур. В этом случае во избежание ожогов растений удобрения заделывают в середину междурядий или на расстоянии не менее 10—12 см от растений.

При работе с жидкими азотными удобрениями следует соблюдать правила техники безопасности, так как пары аммиака вызывают раздражение слизистых оболочек глаз и

дыхательных путей, удушье и кашель. При осмотре и ремонте емкостей из-под этих удобрений необходимы меры предосторожности, так как смесь аммиака с воздухом взрывоопасна.

Аммонийно-нитратные удобрения

✓ Аммиачная селитра (азотно-кислый аммоний, нитрат аммония) — NH_4NO_3 — основное азотное удобрение, содержит 34,0% азота. Получается нейтрализацией азотной кислоты аммиаком:

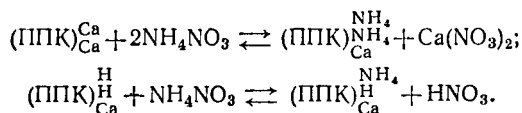


Аммиачную селитру выпускают в виде кристаллов белого цвета или гранул размером 1—3 мм, различной формы (сферической, в виде чешуек, пластинок). Негранулированная кристаллическая аммиачная селитра обладает высокой гигроскопичностью, при хранении слеживается, поэтому хранить ее следует в водонепроницаемых мешках в сухом помещении. Выпускаемая для сельского хозяйства гранулированная селитра менее гигроскопична, меньше слеживается, сохраняет хорошую рассеиваемость, особенно если в процессе ее получения вводятся в небольших количествах специальные кондиционирующие (гидрофобные) добавки.

Аммиачная селитра — хорошо растворимое высококонцентрированное удобрение. Может применяться под любые культуры и на всех почвах перед посевом, при посеве в рядки или лунки и в подкормку.

В аммиачной селитре половина азота находится в нитратной и половина в аммонийной форме. Из раствора NH_4NO_3 растения быстрее поглощают катион NH_4^+ , чем анион NO_3^- , поэтому аммиачная селитра физиологически кислое удобрение, но подкисляет почву слабее, чем сульфат-аммоний.

При взаимодействии NH_4NO_3 с почвенным поглощающим комплексом катион NH_4^+ поглощается почвой, а анион NO_3^- остается в почвенном растворе, сохраняя высокую подвижность:



На почвах, насыщенных основаниями (сероземы, черноземы), в растворе образуются азотнокислые соли кальция

(или магнезия) и почвенный раствор не подкисляется даже при систематическом внесении высоких норм удобрения. Для этих почв аммиачная селитра — одна из лучших форм азотных удобрений.

На кислых дерново-подзолистых почвах, содержащих в поглощенном состоянии мало кальция и много ионов H^+ , в почвенном растворе образуется HNO_3 , поэтому он подкисляется. Подкисление носит временный характер, так как исчезает по мере потребления нитратного азота растениями. В первое же время, особенно при внесении большой дозы селитры и неравномерном ее рассеивании, в почве могут создаваться очаги с высокой кислотностью.

При длительном применении аммиачной селитры на малобуферных дерново-подзолистых почвах подкисление может быть довольно сильным, в результате эффективность этого удобрения, особенно при внесении под культуры, чувствительные к повышенной кислотности, заметно снижается.

Для повышения эффективности NH_4NO_3 на кислых почвах большое значение имеет их известкование (или нейтрализация кислотности самого удобрения известью или доломитом при соотношении 1 : 1).

На кислых дерново-подзолистых почвах более высокий эффект, особенно при систематическом применении, дает нейтрализованная, или известковая, аммиачная селитра $NH_4NO_3 + CaCO_3$. Она содержит 18—23% азота и получается сплавлением или смешением азотно-кислого аммония с эквивалентным количеством извести, мела или доломита.

Мочевина

Мочевина (карбамид) — $CO(NH_2)_2$ — содержит не менее 46% азота. Получается синтезом из аммиака и углекислого газа при высоких давлениях и температуре. Белый мелкокристаллический продукт, хорошо растворимый в воде. Гигроскопичность при температуре до $20^\circ C$ сравнительно небольшая. При хороших условиях хранения слеживается мало, сохраняет удовлетворительную раскисляемость. Особенно хорошими физическими свойствами обладает гранулированная мочевина.

Во время грануляции мочевины образуется биурет $(CONH_2)_2NH$, обладающий токсическим действием, однако содержание его в гранулированном удобрении не превышает

ет 1% и практически безвредно для растений при обычных способах применения.

В почве под влиянием уробактерий, выделяющих фермент уреазу, мочевины быстро (за 2—3 дня) аммонифицируется с образованием углекислого аммония: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

В первые дни после внесения мочевины вследствие образования $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (гидролитически щелочная соль) происходит временное местное подщелачивание почвы. Образующийся $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ поглощается почвой и постепенно нитрифицируется (причем нитрификация его протекает быстрее, чем $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), и временное подщелачивание почвы сменяется некоторым подкислением.

На малобуферных легких почвах смещения реакции почвенного раствора могут быть особенно заметными, но после усвоения азота растениями в почве не будет ни щелочных, ни кислых остатков.

Мочевина — одно из лучших азотных удобрений и по эффективности равноценна аммиачной селитре, а на рисе — сульфату аммония.

Ее можно применять как основное удобрение или в подкормку под все культуры и на различных почвах. При внесении в почву мочевины необходимо своевременно ее заделывать, так как при поверхностном размещении удобрения возможны потери азота вследствие улетучивания аммиака из углекислого аммония, легко разлагающегося на воздухе: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = \text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NH}_3$, особенно на карбонатных и щелочных почвах. Значительные потери в форме аммиака могут происходить при использовании мочевины в подкормку на лугах и пастбищах, поскольку дернина обладает высокой уреазной активностью. Мочевину с успехом можно применять для некорневой подкормки овощных и плодовых культур, а также поздних подкормок пшеницы с целью повышения содержания белка в зерне.

Для снижения потерь азота удобрений и повышения их эффективности разрабатывается технология производства медленнодействующих форм азотных удобрений — малорастворимых (мочевиноформальдегидного удобрения) либо с замедлением освобождения азота (путем покрытия гранул различными синтетическими материалами или элементарной серой). Для консервации азота мочевины и аммиачных удобрений в почве в аммонийной форме используются ингибиторы нитрификации. Эти препараты при внесении в почву в дозе 0,5—2 кг на 1 га вместе с аммонийными удоб-

рениями и мочевиной тормозят нитрификацию в течение 1,5—2 месяцев и сохраняют минеральный азот почвы и удобрений в аммонийной форме. Подавляя нитрификацию азота удобрений, ингибиторы (как выявили опыты с ^{15}N) снижают в 1,5—2 раза его потери в газообразной форме и вследствие вымывания нитратов. В результате этого под влиянием ингибиторов, как показали полевые опыты с различными культурами, значительно повышаются урожай и эффективность азотных удобрений. Наиболее перспективно применение ингибиторов нитрификации в районах орошаемого земледелия, особенно под хлопчатник и на рисовых плантациях, а также под другие культуры в зоне достаточного увлажнения на лёгких почвах.

ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Значение фосфора для растений, содержание и формы его в почве

Фосфор — важный элемент питания растений. Растения потребляют его главным образом в виде анионов H_2PO_4^- (или HPO_4^{2-}) из солей ортофосфорной кислоты (H_3PO_4), а также из солей полифосфорных кислот (после их гидролиза).

Поступивший в растения фосфор включается в состав различных органических соединений. Фосфор входит в нуклеиновые кислоты и нуклеопротеиды, участвующие в построении цитоплазмы и ядра клеток. Он содержится в фитине — запасном веществе семени, который используется как источник фосфора во время прорастания, а также в фосфатидах, сахарофосфатах, витаминах и многих ферментах.

В тканях растений присутствуют в небольших количествах также неорганические фосфаты, которые играют важную роль в создании буферной системы клеточного сока и служат резервом фосфора для образования различных фосфорорганических соединений.

В растительной клетке фосфор играет исключительно важную роль в энергетическом обмене, участвует в разнообразных процессах обмена веществ, деления и размножения. Особенно велика роль этого элемента в углеводном обмене, в процессах фотосинтеза, дыхания и брожения.

Самые разнообразные превращения углеводов в растении начинаются с присоединения фосфорной кислоты к мо-

лекулам углеводов или с ее отщепления, то есть с их фосфорилирования или дефосфорилирования. При этом особенно важная роль принадлежит аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ) и другим богатым энергией фосфорным соединениям.

Большая роль фосфора в углеводном обмене обуславливает положительное влияние фосфорных удобрений на накопление сахара в сахарной свекле, крахмала в клубнях картофеля и т. д. Фосфор играет также важную роль в обмене азотистых веществ в растении. Восстановление нитратов до аммиака, образование аминокислот, их дезаминирование и переаминирование происходят при участии фосфора. Этим определяется тесная связь между азотным и фосфорным питанием растений. При недостатке фосфора нарушается синтез белка и уменьшается содержание его в растении.

Фосфора больше всего содержится в репродуктивных и молодых растущих органах и частях растения, где идет интенсивный синтез органического вещества. Из более старых листьев он может передвигаться к зонам роста и использоваться повторно, поэтому внешние признаки его недостатка проявляются у растений прежде всего на старых листьях. В этом случае они приобретают характерный красно-фиолетовый или голубоватый оттенок, иногда темно-зеленую окраску (например, у картофеля). При недостатке фосфора замедляется рост и задерживается созревание растений, снижается урожай и ухудшается его качество.

Растения наиболее чувствительны к недостатку фосфора в самом раннем возрасте, когда их слабо развитая корневая система обладает низкой усваивающей способностью. Отрицательные последствия от недостатка фосфора в этот период не могут быть исправлены последующим (даже обильным) фосфорным питанием. Поэтому обеспечение растений фосфором с начала вегетации имеет исключительно важное значение для роста, развития растений и формирования урожая, хотя наибольшее поглощение его происходит в период интенсивного роста вегетативных органов.

Большое значение имеет достаточное обеспечение растений фосфором и в период формирования репродуктивных органов — ускоряется их образование и созревание растений, повышаются урожай и его качество.

Содержание фосфора в расчете на P_2O_5 в почвах колеблется от 0,03 до 0,2%, а общий запас его больше в почвах с высоким содержанием органического вещества — от

1500 до 6000 кг на 1 га в пахотном слое почвы. Основная масса фосфора находится в форме минеральных и органических соединений, недоступных для растений. В материнских породах он содержится чаще в виде фторапатита $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ и гидроксилapatита $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$. При разрушении этих первичных фосфорсодержащих минералов образуются вторичные минеральные соединения фосфора, представленные различными солями ортофосфорной кислоты. Помимо апатита, в почвах содержатся и другие минеральные соединения фосфора. В кислых почвах (дерново-подзолистых и красноземах) образуются фосфаты полуторных окислов AlPO_4 и FePO_4 , а также основные соли железа и алюминия $\text{Fe}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4$, $\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{PO}_4$, которые характеризуются очень слабой растворимостью и доступностью для растений. В почвах, насыщенных основаниями (черноземах и сероземах), образуются преимущественно слабо-растворимые в воде фосфаты кальция типа октокальций-фосфата $\text{Ca}_8\text{H}(\text{PO}_4)_3$. Но постепенно они растворяются содержащимися в почвенном растворе угольной, азотной и органическими кислотами, поэтому фосфор из них более доступен растениям, чем из апатита и фосфатов полуторных окислов. Во всех почвах в очень незначительном количестве присутствуют хорошо растворимые в воде однозамещенные фосфаты кальция и магния, а также одно- и двухзамещенные фосфаты калия, натрия и аммония. Они быстро используются растениями и микроорганизмами и превращаются в нерастворимые фосфаты при взаимодействии с Ca , Mg , Al и Fe .

В результате деятельности растений и микроорганизмов в почвах накапливаются также органические соединения фосфора. Они представлены нуклеопротеидами, фитином, фосфатидами, сахарофосфатами и другими органическими соединениями, входящими в состав растений и микроорганизмов. На долю органических фосфатов приходится от 10% общего количества фосфора в дерново-подзолистых и сероземных почвах до 50% в черноземах. Растения могут усваивать органические фосфаты только после их минерализации.

Недоступные для растений минеральные и органические соединения фосфора переходят в усвояемые очень медленно. Несмотря на большие общие запасы фосфора, его усвояемых соединений в почве содержится обычно мало, и, чтобы получить высокий урожай, необходимо внесение фосфорных удобрений.

За вегетационный период растения потребляют из почвы с 1 га от 20 до 60 кг P_2O_5 . Больше фосфора в зерне и гораздо меньше в соломе, поэтому значительная часть усвоенного растениями фосфора вместе с зерном и другой товарной продукцией отчуждается из хозяйства. Для пополнения его запасов в почве требуется внесение фосфорных удобрений. Кроме того, если запасы азота в почве пополняются за счет фиксации азота воздуха, то в отношении фосфора нет других источников для его пополнения в почвах, кроме фосфорных удобрений. Этим определяются высокая потребность в фосфорных удобрениях и большое значение их для повышения урожая. Потребность в фосфорных удобрениях особенно возрастает при достаточном обеспечении растений азотом.

Фосфорные удобрения в зависимости от растворимости и доступности для растений подразделяют на три группы.

Удобрения, содержащие фосфор в водорастворимой форме — суперфосфат простой и суперфосфат двойной. Фосфор из этих удобрений легко доступен растениям.

Удобрения, фосфор которых не растворим в воде, но растворим в слабых кислотах (2%-ной лимонной кислоте) или в щелочном растворе лимоннокислого аммония, — преципитат, томасшлак, термофосфаты, обесфторенный фосфат. Фосфор в этих удобрениях находится в доступной растениям форме.

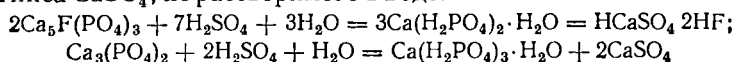
Удобрения, не растворимые в воде, и плохо — в слабых кислотах, полностью растворимые только в сильных кислотах, — фосфоритная мука, костяная мука. Это более труднодоступные источники фосфора для растений.

Источник получения фосфорных удобрений — природные фосфорсодержащие агоруды (фосфориты и апатиты), а также богатые фосфором отходы металлургической промышленности (томасшлак, мартеновские шлаки). Основное значение имеют апатиты и фосфориты.

Фосфорные удобрения производятся путем кислотной и термической переработки фосфатов, они содержат фосфор в виде солей ортофосфорной кислоты. Кроме того, некоторые сложные фосфорсодержащие удобрения получают на основе полифосфорных (суперфосфорных) кислот. В ассортименте фосфорных удобрений, выпускаемых в нашей стране, наибольшая доля приходится на концентрированные формы — двойной суперфосфат и сложные удобрения — аммофос, нитроаммофоску, производство которых постоянно расширяется.

Суперфосфат

Суперфосфат простой получают обработкой размолотого апатита или фосфорита серной кислотой. При действии серной кислоты на фосфатное сырье происходит разложение апатита или фосфорита с образованием водорастворимого однозамещенного фосфата кальция $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ и гипса CaSO_4 , не растворимого в воде:



Гипс остается в составе удобрения и занимает около 40% его массы, фосфора в таком суперфосфате почти вдвое меньше, чем в исходном сырье. По этой причине низкопроцентные фосфориты не используют для изготовления суперфосфата. В Советском Союзе для его получения применяют преимущественно апатитовый концентрат, а также более высокопроцентные фосфориты.

Простой суперфосфат из апатита содержит 14—20% усвояемого фосфора в расчете на P_2O_5 . Большая часть фосфора в суперфосфате находится в виде монокальцийфосфата, 5—5,5% массы удобрения содержится в виде свободной фосфорной кислоты. В суперфосфате находится небольшое количество дикальцийфосфата $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а также трикальцийфосфата, фосфатов железа и алюминия. Суперфосфат оценивается по содержанию в нем усвояемого фосфора, то есть растворимого в воде и цитратном растворе (аммиачный раствор лимонно-кислого аммония). Усвояемый фосфор в суперфосфате составляет 88—98% общего содержания.

Суперфосфат выпускается в виде гранул размером 1—4 мм. Гранулированный суперфосфат обладает хорошими физическими свойствами: не слеживается, сохраняет хорошую рассеиваемость. При гранулировании свободная фосфорная кислота нейтрализуется и суперфосфат высушивается, поэтому содержание воды и свободной фосфорной кислоты снижается соответственно до 1—4% и 1—1,5%.

При нейтрализации свободной кислотности суперфосфата аммиаком получают *аммонизированный суперфосфат* с содержанием азота около 1,5—3%.

Двойной суперфосфат в отличие от простого имеет высокое содержание усвояемого фосфора в расчете на P_2O_5 —42—49% и не содержит гипса. Фосфор находится в нем в виде водорастворимого монокальцийфосфата

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и небольшого количества свободной фосфорной кислоты (2,5—5,0%).

При производстве двойного суперфосфата апатит (или фосфорит) обрабатывают серной кислотой. Ее берут больше, чем при производстве простого суперфосфата, для того чтобы получить не монокальцийфосфат, а фосфорную кислоту, которой затем обрабатывают новую порцию сырья и получают двойной суперфосфат — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$:



Двойной суперфосфат выпускают в гранулированном виде.

Химические и физические свойства, применение и эффективность его такие же, как и простого. Только при удобрении культур, положительно реагирующих на гипс (клевер и другие бобовые), более сильное положительное действие оказывает простой суперфосфат.

В почве фосфор суперфосфата вследствие химического взаимодействия с полуторными окислами, карбонатами кальция и магния (или поглощенным кальцием) превращается в не растворимые в воде фосфаты, менее доступные для растений, т. е. подвергается химическому поглощению, или ретроградации. На почвах, насыщенных основаниями, — черноземах и особенно сероземах и других карбонатных почвах — образуются слаборастворимые фосфаты кальция (октокальцийфосфат и др.).

В кислых дерново-подзолистых почвах и красноземах, содержащих большое количество подвижных форм полуторных окислов, образуются фосфаты алюминия и железа, фосфор из которых слабо доступен для растений. Чем больше содержится в почве подвижных форм полуторных окислов, тем сильнее происходит химическое поглощение фосфора суперфосфата. В результате этого уменьшается использование фосфора растениями и снижается его эффективность.

Фосфор суперфосфата почти полностью закрепляется в месте его внесения и очень слабо передвигается в почве. При внесении до посева в качестве основного удобрения суперфосфат следует заделывать под плуг, с тем чтобы удобрение находилось в более глубоком и постоянно влажном слое почвы, где размещается основная масса деятельных корней растений. Особое значение глубокая заделка суперфосфата имеет в засушливых условиях.

При мелкой заделке суперфосфата основная масса удобрения оказывается в верхнем слое почвы, который быстро высыхает. Корни в этом слое отмирают, поэтому фосфор удобрения хуже используется растениями. Поверхностное внесение его в подкормку без заделки (под зерновые и другие культуры сплошного посева) малоэффективно.

Связывание фосфора суперфосфата в кислых почвах происходит сильнее при более полном контакте удобрения с почвой (разбросное внесение, мелкие размеры частиц), фосфор гранулированного суперфосфата меньше закрепляется почвой, чем порошковидного. На нейтральных и карбонатных почвах фосфор удобрения лучше усваивается при более равномерном распределении в почве и гранулирование суперфосфата существенно не повышает эффективность удобрения.

Закрепление фосфора суперфосфата, особенно гранулированного, в кислых почвах снижается при местном внесении его в рядки или гнезда при посеве, а также при ленточном внесении до посева. Поэтому и эффективность гранулированного суперфосфата на кислых почвах при одинаковых способах внесения (как при разбросном внесении до посева, так и при местном внесении в рядки или лунки при посеве) значительно выше, чем порошковидного.

При рядковом внесении небольшие дозы суперфосфата дают такие же прибавки урожая, как и значительно большие дозы при разбросном допосевном внесении. Это обусловлено снижением химического связывания фосфора вследствие уменьшения площади соприкосновения удобрения с кислой почвой, а также тем, что удобрение размещается вблизи прорастающих семян и обеспечивается питание растений легкодоступным фосфором с самого раннего периода роста.

В рядки при посеве зерновых, зернобобовых культур, льна и сахарной свеклы вносится 10—15 кг P_2O_5 на 1 га в виде суперфосфата; в лунки при посадке картофеля и овощных культур — 15—30 кг P_2O_5 на 1 га; при посеве кукурузы — 4—8 кг P_2O_5 на 1 га.

Коэффициент использования фосфора из суперфосфата в год его внесения при допосевном его применении вразброс под вспашку составляет 10—15% внесенного количества, а при рядковом внесении возрастает в полтора—два раза. За 2—3 года коэффициент использования фосфора суперфосфата составляет примерно 40%.

Для получения высокого урожая сахарной свеклы,

кукурузы, льна, картофеля, зерновых, овощных и других культур целесообразно сочетать внесение суперфосфата в основном удобрении до посева с внесением небольшой дозы его в рядки или лунки при посеве. При этом создаются хорошие условия питания растений фосфором как в первый период роста за счет рядкового удобрения, так и в последующие периоды за счет основного удобрения, внесенного под плуг. Однако на почвах с высоким содержанием подвижного фосфора или при внесении очень высоких доз фосфорных удобрений до посева применение суперфосфата в рядки при посеве может не давать эффекта.

Преципитат, томасшлак, термофосфаты, обесфторенный фосфат

Преципитат — $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — двухзамещенный фосфат кальция (дикальцийфосфат) содержит 38% фосфора в расчете на P_2O_5 . Получается путем кислотной переработки фосфатов при осаждении фосфорной кислоты известковым молоком или мелом, а также в качестве отхода при желатиновом производстве.

Фосфор преципитата не растворим в воде, но растворяется в лимонно-кислом аммонии и хорошо усваивается растениями. Удобрение обладает ценными физическими свойствами: не слеживается, сохраняет хорошую рассыаемость, может смешиваться с любым удобрением. Преципитат можно применять как основное удобрение под различные культуры на всех почвах. Его фосфор меньше, чем суперфосфата, закрепляется в почве, поэтому преципитат более эффективен на богатых полуторными окислами кислых почвах и карбонатных сероземах. На черноземах преципитат близок по эффективности к суперфосфату.

Фосфатшлак мартеновский — побочный продукт переработки мартеновским способом богатых фосфором чугунов на сталь и железо. Содержит фосфор в основном в виде силикофосфатов и свободную окись кальция. Состав может быть условно представлен как $4\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$. Применяемый в качестве удобрений фосфатшлак должен содержать не менее 10% растворимого в 2%-ной лимонной кислоте фосфора (в расчете на P_2O_5) и иметь тонкий помол (80% продукта должно проходить через сито с диаметром 0,18 мм). Может использоваться как основное удобрение на всех почвах, но наиболее эффективен благодаря щелочным свойствам на кислых дерново-подзолистых и

серых лесных почвах. Фосфатшлак нельзя смешивать с аммонийными удобрениями во избежание потерь азота в форме аммиака.

Подобными свойствами обладает *томасшлак* — $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$ — побочный продукт при переработке богатых фосфором чугунов на сталь и железо по щелочному способу Томаса. В мировом производстве фосфорных удобрений томасшлак занимает существенное место. В нашей стране томасшлак (производимый из керченских руд) применяется в ограниченных количествах. В нем должно содержаться не менее 14% растворимого в 2%-ной лимонной кислоте фосфора в расчете на P_2O_5 .

Термофосфаты — $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + \text{SiO}_2$ — получают сплавлением или спеканием размолотого фосфорита или апатита с щелочными солями — содой или поташом, или природными магниевыми силикатами, а также с сульфатами калия, натрия и магния. При этом образуются усвояемые растениями кальциево-натриевые или кальциево-калиевые фосфорнокислые соли, а также другие фосфаты и силикофосфаты.

Термофосфаты содержат 20—30% лимонно-растворимого фосфора в расчете на P_2O_5 . По свойствам и эффективности они близки к томасшлаку. Могут применяться как основное удобрение на всех почвах, но как щелочные удобрения эффективнее на кислых почвах.

При сплавлении фосфорита или апатита с силикатами магния получают *плавленные магниевые фосфаты*. Они содержат 19—21% усвояемого лимонно-растворимого фосфора в расчете на P_2O_5 и 8—14% MgO , особенно эффективны на бедных магнием легких песчаных и супесчаных почвах. Термофосфаты также применяют как основное удобрение и их нельзя смешивать с аммонийными удобрениями.

Обесфторенный фосфат получают из апатита путем обработки водяным паром смеси апатита с небольшим количеством кремнезема (2—3% SiO_2) при температуре 1450—1550 °С. При этом разрушается кристаллическая решетка фторапатита и удаляется фтор в газообразной форме, а фосфор переходит в усвояемую (лимонно-растворимую) форму.

Обесфторенный фосфат содержит не менее 36% P_2O_5 , растворимой в 0,4%-ной HCl . Удобрение негигроскопично, не слеживается. Тонина помола такова, что 95% продукта должны проходить через сито диаметром 0,15 мм.

Обесфторенный фосфат, так же как томасшлак, нельзя смешивать с аммонийными удобрениями. Может применяться

ся как основное удобрение на всех почвах. На дерново-подзолистых и черноземных почвах по эффективности не уступает суперфосфату.

Фосфоритная мука

Получается путем размола фосфорита до состояния тонкой муки. Фосфор в ней содержится в виде соединений фторапатита, гидроксилапатита, карбонатапатита (то есть находится в основном в форме трехкальциевого фосфата $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Эти соединения не растворимы в воде и слабых кислотах и слабодоступны для большинства растений.

Фосфоритная мука негигроскопична, не слеживается, может смешиваться с любым удобрением, кроме извести. Туковая промышленность выпускает четыре сорта фосфоритной муки с общим содержанием P_2O_5 : высший сорт — 30%; 1-й — 25; 2-й — 22; 3-й — 19%.

Для изготовления фосфоритной муки могут быть использованы низкопроцентные фосфориты, непригодные для химической переработки в суперфосфат. Фосфоритная мука — самое дешевое фосфорное удобрение.

Эффективность фосфоритной муки зависит от состава фосфоритов, тонины помола, особенностей растений, свойств почвы и сопутствующих удобрений. Фосфориты желвакового типа, более молодые по геологическому возрасту и не имеющие хорошо выраженного кристаллического строения, доступнее для растений. При их размоле получается мука, пригодная для непосредственного удобрения. Фосфориты более древнего происхождения, имеющие кристаллическое строение (например, фосфориты Каратау), труднодоступны и поэтому непригодны для приготовления фосфоритной муки.

Эффективность фосфоритной муки увеличивается с повышением тонины помола. Чем тоньше частицы, тем больше их поверхность и соприкосновение с почвой и лучше происходит разложение фосфоритной муки под действием почвенной кислотности до усвояемых растениями соединений. Значение тонины помола для повышения эффективности фосфоритной муки особенно велико на почвах, имеющих недостаточную кислотность для ее разложения, на оподзоленных и выщелоченных черноземах. По стандарту не менее 80% частиц должно проходить через сито с размером ячеек 0,18 мм.

Лишь немногие растения (люпин, горчица, гречиха и отчасти эспарцет, горох и конопля) могут усваивать фосфор фосфоритной муки при нейтральной реакции почвенного раствора, т. е. без предварительного разложения ее под действием почвенной кислотности. В лаборатории Д. Н. Прянишникова было установлено, что кислые выделения корневой люпина сильно подкисляют почву, что оказывает растворяющее действие на трехзамещенный фосфат, способствует его переводу в усвояемую форму. Исследования Ф. В. Чирикова показали, что у растений, способных усваивать фосфорит, отношение $\text{CaO} : \text{P}_2\text{O}_5$ в золе больше 1,3, а у растений, неспособных усваивать, — меньше 1,3. Значительно большее потребление растениями кальция по сравнению с фосфором приводит к обеднению питательной среды кальцием, в результате чего облегчается переход $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ в усвояемую форму.

Большинство растений — все злаки, лен, свекла, картофель — могут использовать фосфорит только при определенной кислотности почвы, достаточной для его разложения, поэтому на почвах с нейтральной реакцией (обыкновенные, мощные и южные черноземы) применение фосфоритной муки малоэффективно. На кислых дерново-подзолистых и серых лесных почвах, красноземах и выщелоченных черноземах она не может уступать суперфосфату.

В разложении фосфоритной муки участвует не только актуальная, но и потенциальная кислотность. Под влиянием почвенной кислотности фосфоритная мука превращается в усвояемый растениями дикальцийфосфат CaHPO_4 . Исследования показали, что на почвах, имеющих гидролитическую кислотность меньше 2—2,5 мэкв на 100 г, разложение фосфоритной муки происходит слабо и эффективность ее очень низкая. Чем больше гидролитическая кислотность, тем выше эффективность фосфоритной муки. Однако действие ее зависит не только от величины кислотности почвы, но и от емкости поглощения (Т) и степени насыщенности основаниями (V).

При одной и той же гидролитической кислотности действие фосфоритной муки тем выше, чем меньше емкость поглощения почвы (рис. 6).

Норма фосфоритной муки устанавливается также в зависимости от кислотности почвы. На сильно- и среднекислых почвах (рН 5,0 и меньше) можно вносить фосфоритную муку в той же норме, что и суперфосфат, а на слабокислых почвах — в двойной и даже тройной норме. На

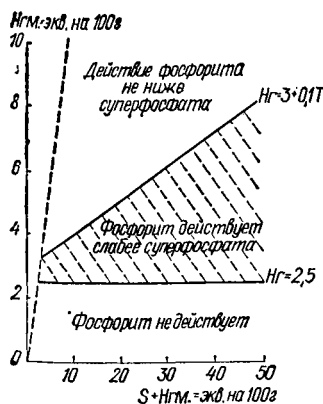


Рис. 6. Схема, показывающая зависимость действия фосфоритной муки от гидролитической кислотности (H_T) и емкости поглощения (T) почвы.

форитования — внесения высоких норм фосфоритной муки. При этом одновременно достигается некоторое снижение кислотности почвы.

КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Значение калия для растений и содержание его в почве

Калий является одним из основных наряду с азотом и фосфором необходимых элементов минерального питания. В отличие от азота и фосфора он не входит в состав органических соединений в растении, а находится в клетках растения в ионной форме в виде растворимых солей в клеточном соке и частично в виде непрочных адсорбционных комплексов с коллоидами цитоплазмы.

Калия значительно больше в молодых жизнедеятельных частях и органах растения, чем в старых. При недостатке калия в питательной среде происходит отток его из более старых органов и тканей в молодые растущие органы, где он подвергается повторному использованию (реутилизации).

Физиологические функции калия в растительном организме разнообразны. Он оказывает положительное влия-

произвесткованных почвах эффективность ее снижается.

Фосфоритная мука применяется как основное удобрение, вносить ее лучше заблаговременно, с осени, и обязательно с глубокой заделкой под плуг. Наиболее эффективно внесение ее вместе с навозом в пару под озимые культуры, а также под пропашные культуры — сахарную свеклу, картофель, кукурузу и др. Положительное действие фосфоритной муки продолжается в течение нескольких лет. Чем больше норма фосфоритной муки, тем выше и продолжительнее ее действие.

Для увеличения содержания подвижного фосфора в кислых почвах практикуется прием фос-

ние на физическое состояние коллоидов цитоплазмы, повышает их оводненность, набухаемость и вязкость, что имеет большое значение для нормального обмена веществ в клетках, а также для повышения устойчивости растений к засухе. При недостатке калия и усилении транспирации растения быстрее теряют тургор и вянут.

Калий положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образование органических кислот в растении, он участвует в углеводном и азотном обмене. При недостатке калия в растении тормозится синтез белка, в результате нарушается весь азотный обмен.

Недостаток калия особенно сильно проявляется при питании растений аммонийным азотом. Внесение высоких норм аммонийного азота при недостатке калия приводит к накоплению в растениях большого количества переработанного аммиака, оказывающего вредное действие на растение. При внесении калийных удобрений аммонийный азот быстрее используется для синтеза аминокислот и вредное действие его избытка устраняется.

При недостатке калия задерживается превращение простых углеводов (моноз) в более сложные (олиго- и полисахариды).

Калий повышает активность ферментов, участвующих в углеводном обмене, в частности сахаразы и амилазы. Этим объясняется положительное влияние калийных удобрений на накопление крахмала в клубнях картофеля, сахара в сахарной свекле и других корнеплодах. Под влиянием калия повышается морозоустойчивость растений, что связано с большим содержанием сахаров и увеличением осмотического давления в клетках.

При достаточном калийном питании повышается устойчивость растений к различным заболеваниям, например у зерновых хлебов — к мучнистой росе и ржавчине, у овощных культур, картофеля и корнеплодов — к возбудителям гнилей. Калий способствует развитию механических элементов, сосудистых пучков и лубяных волокон, поэтому положительно влияет на прочность стеблей и устойчивость растений к полеганию, на выход и качество волокна льна и конопли.

При недостатке калия угнетается развитие репродуктивных органов — задерживается развитие бутонов и зачаточных соцветий, зерно получается щуплым, с пониженной всхожестью.

Явные внешние признаки калийного голодания проявляются у растений при снижении содержания в них калия в 3—5 раз по сравнению с нормальным. Края и кончики листьев, прежде всего нижних, буреют, приобретают обожженный вид (так называемый краевой ожог), на пластинке появляются мелкие ржавые пятна.

Калия обычно всегда больше в вегетативных органах, чем в семенах, корнях и клубнях. Относительное содержание калия в листьях подсолнечника, табака, сахарной свеклы и других корнеплодов, картофеля составляет 4—6% на сухую массу, в соломе злаков — 1—1,5, лубяных культур 0,5—1, капусте — до 0,5%. В семенах зерновых калия содержится около 0,5%, клубнях картофеля, корнеплодах — 0,3—0,6% (см. табл. 7).

При средней урожайности растения потребляют из почвы большое количество калия: зерновые — около 60—80 кг с 1 га K_2O , а картофель, сахарная свекла, овощные культуры — до 180—400 кг с 1 га. Из всех зольных элементов калий потребляется растениями в наибольшем количестве. Особенно много потребляют калия подсолнечник, гречиха, картофель, свекла, капуста и другие овощные культуры, из зерновых — гречиха. Меньше потребляют калия зерновые культуры — рожь, пшеница, ячмень, овес.

Содержание калия (K_2O) в разных почвах колеблется от 0,5 до 3% и зависит от их механического состава. Больше содержится калия в глинистой фракции почвы. Поэтому тяжелые глинистые и суглинистые почвы богаче калием, чем песчаные и супесчаные. Очень бедны калием торфянистые почвы (0,03—0,05%). В большинстве суглинистых почв калия содержится 2—2,5%, т. е. значительно больше, чем азота и фосфора.

Общий запас K_2O в пахотном слое почвы 50—75 т на 1 га, но основная часть калия (98—99%) находится в почве в виде соединений, нерастворимых и малодоступных для растений. По степени подвижности и доступности для растений содержащиеся в почве соединения калия можно разделить на следующие основные формы.

1. Калий, входящий в состав прочных алюмосиликатных минералов, главным образом полевых шпатов (ортоклаза и др.) и слюд (мусковита, биотита и др.).

Калий полевых шпатов малодоступен для растений. Однако под влиянием воды и растворенной в ней углекислоты, изменений температуры среды и деятельности почвен-

ных микроорганизмов происходит постепенное разложение этих минералов с образованием растворимых солей калия. Калий мусковита и биотита более доступен растениям.

2. Калий обменный, поглощенный почвенными коллоидами, составляет 0,8—1,5% общего содержания калия в почве. Ему принадлежит основная роль в питании растений. Хорошая доступность обменного калия для растений обусловлена способностью его при обмене с другими катионами легко переходить в раствор, из которого он усваивается растениями. При усвоении растениями калия из раствора новые порции его переходят из поглощенного состояния в почвенный раствор. По мере использования обменного калия этот процесс все более замедляется, а оставшийся калий все прочнее удерживается в поглощенном состоянии.

Содержание обменного калия может служить показателем степени обеспеченности почвы усвояемым калием. Обыкновенные и мощные черноземы и сероземы богаче обменным калием, чем дерново-подзолистые почвы, особенно песчаные и супесчаные.

3. Водорастворимый калий представлен различными солями, растворенными в почвенной влаге (нитраты, фосфаты, сульфаты, хлориды, карбонаты калия), которые непосредственно усваиваются растениями. Содержание его в почве обычно незначительное (около $\frac{1}{10}$ от обменного), так как калий из раствора немедленно переходит в поглощенное состояние и потребляется растениями.

В некоторых почвах водорастворимый калий (а также калий внесенных в почву удобрений) может поглощаться в необменной форме, в результате снижается доступность его для растений. Необменная фиксация калия, как и иона аммония, наиболее сильно выражена в черноземах и сероземах, особенно при их попеременном увлажнении и высушивании.

Круговорот калия в хозяйстве отличается от круговорота азота и фосфора.

У зерновых культур калия содержится больше в соломе, чем в зерне, а у картофеля и свеклы — больше в ботве, чем в клубнях и корнях. Поэтому при более полном использовании растительных отходов в корм и на подстилку скоту большая часть калия с навозом снова возвращается в почву. Рациональное использование навоза имеет очень большое значение в обеспечении растений калием.

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, особенно потребляющих большое количество калия, наряду с азотными и фосфорными удобрениями важная роль принадлежит минеральным калийным удобрениям. Наиболее эффективно их применение на почвах легкого механического состава и торфянистых почвах с низким содержанием калия.

Для производства калийных удобрений используют природные месторождения калийных солей. Крупнейшие месторождения хлористых калийных солей: Соликамское и Белорусское — представлены карналлитом $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и сильвинитом $n\text{KCl} + m\text{NaCl}$. Прикарпатское месторождение (западная часть Украины) — представлено преимущественно серно-кислыми солями — шенитом $\text{K}_2\text{SO}_4 \times \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, лангбейнитом $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ и каинитом $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

В ассортименте выпускаемых в нашей стране калийных удобрений преобладают высококонцентрированные формы — хлористый калий (свыше 80% валового производства калийных удобрений) и 40%-ная калийная соль (4%). Сульфат калия производится в ограниченных количествах. Кроме того, выпускаются магнийсодержащие калийные удобрения — калимагнезия и хлоркалий-электролит. Часть калия (15%) производится в виде комплексных туков. В качестве калийных удобрений в сельском хозяйстве используются также в ограниченных масштабах сырые калийные соли, цементная пыль и нефелиновые хвосты.

Сырые калийные соли, получаемые размолом природных калийных солей, характеризуются низким содержанием калия и большим количеством примесей, что значительно увеличивает расходы на транспортировку и внесение. Поэтому применять сырые калийные соли целесообразно лишь вблизи месторождений калийных руд. Из сырых калийных солей наиболее распространены сильвинит и каинит. Они содержат большое количество хлора (в сильвините более 4 кг хлора на 1 кг K_2O), что также ограничивает их применение. Особенно чувствительны к избытку хлора табак, citrusовые, виноград, лен, конопля, гречиха, картофель.

Сильвинит — $n\text{KCl} + m\text{NaCl}$ — содержит не менее 22% KCl и 67—72% NaCl , K_2O — не менее 14%. Выпускается в грубом размолу (размер кристаллов 1—5 мм и более). По внешнему виду представляет смесь крупных кристаллов белого, розового, бурого и синего цветов. Обладает незначительной гигроскопичностью, но при хранении

во влажном помещении отсыревает, а при подсушивании слеживается.

Сильвинит вносят в основное удобрение с осени под зяблевую вспашку. При этом значительная часть хлора вымывается в нижние слои почвы, а калий поглощается почвой.

Содержание большого количества натрия в сильвините (2,5 кг Na_2O на 1 кг K_2O) полезно для свеклы, кормовых и столовых корнеплодов, некоторых овощных культур.

Каинит — $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ с большой примесью NaCl ; содержит не менее 10% K_2O , 6—7% MgO , 32—35% Cl и 22—25% Na_2O , 15—17% SO_4 . Получается при размоле каинитовой или каинито-лангбейнитовой породы. Так же, как и сильвинит, применяется в качестве основного удобрения. Благодаря примеси MgSO_4 и NaCl внесение каинита под сахарную свеклу и другие корнеплоды, капусту, клевер дает хорошие результаты, особенно на легких почвах.

Промышленные калийные удобрения

Хлористый калий — KCl — содержит от 40,1 до 45,5%, 30% NaCl , 2—3% MgCl_2 , 16% Na_2O и 0,2% MgO . Получается из сильвинита путем разделения KCl и NaCl , которое основано на различной растворимости этих солей с повышением температуры (метод перекристаллизации). В результате получают мелкокристаллический KCl , который при хранении сильно слеживается. Грануляция продукта улучшает физические свойства удобрения.

В настоящее время внедряют флотационный способ получения хлористого калия из сильвинита, позволяющий улучшить физические свойства удобрения. По методу флотации для отделения в сильвините KCl от NaCl добавляют поверхностно-активные вещества (амины), которые адсорбируются только на поверхности зерен KCl , и при интенсивной продувке кристаллы его всплывают, а кристаллы NaCl — оседают. Флотационный хлористый калий имеет более крупные естественные кристаллы розового цвета. Реагенты, удержанные поверхностью кристаллов KCl , резко уменьшают гигроскопичность и слеживаемость удобрения.

Хлористый калий — основное калийное удобрение. Он содержит в 4—5 раз меньше хлора, чем сильвинит, и может применяться под все культуры и на любых почвах.

40%-ная калийная соль получается механическим смешиванием хлористого калия с тонкоразмолотым сильвинитом или каинитом. По составу и свойствам занимает промежуточное положение между сильвинитом и хлористым калием. Содержание K_2O не менее 40%. Содержание хлора и натрия в ней больше, чем в хлористом калии, но меньше, чем в сильвините. Калийная соль наиболее эффективна для сахарной свеклы и кормовых корнеплодов, которые положительно реагируют на натрий и малочувствительны к хлору. Для культур, чувствительных к избытку хлора, она менее пригодна, чем хлористый калий. Вносится калийная соль в качестве основного удобрения с глубокой заделкой под плуг, лучше с осени под зябь.

Сульфат калия (сернокислый калий) — K_2SO_4 — содержит не менее 46% K_2O , влаги не более 2%. По внешнему виду — мелкокристаллическая соль сероватого цвета, растворимая в воде. Получается путем выделения K_2SO_4 из природных сульфатных калийных солей (лангбейнитовой породы Прикарпатского месторождения).

Сульфат калия имеет хорошие физические свойства, негигроскопичен, не слеживается. Может применяться на любых почвах и под все культуры, но особенно пригоден для культур, чувствительных к хлору (табак, виноград, цитрусовые, лен, картофель и др.).

Производство сульфата калия обходится дорого, поэтому он занимает незначительный удельный вес среди калийных удобрений.

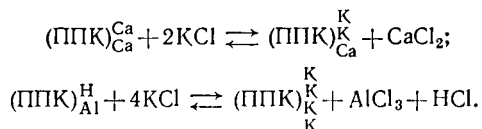
Калимагнезия — $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ — содержит 28—30% K_2O и 8—10% MgO . Получается в небольших количествах из природных сульфатных калийных солей Прикарпатского месторождения путем их перекристаллизации.

Калимагнезия — хорошее удобрение для культур, чувствительных к хлору и потребляющих наряду с калием много магния (картофель, лен, клевер), особенно на бедных калием и магнием песчаных и супесчаных почвах.

Хлоркалий-электролит — продукт, получаемый при производстве магния из соликамского карналлита, содержит от 32 до 45% K_2O , в форме KCl , кроме того, около 30% $NaCl$ и 2—3% $MgCl_2$, 16% Na_2O и 0,2% MgO . В качестве основного удобрения может применяться при внесении с осени под все культуры.

Применение калийных удобрений

Все калийные удобрения хорошо растворимы в воде. При внесении в почву они быстро растворяются и вступают во взаимодействие с почвенным поглощающим комплексом:



Калий и другие катионы (Na^+ , Mg^{2+}), входящие в состав калийных удобрений, поглощаются коллоидной частью почвы, а хлор остается в почвенном растворе и по этому легко вымывается. В результате перехода калия в поглощенное состояние снижается его подвижность в почве и предотвращается вымывание, за исключением песчаных и супесчаных почв с малой емкостью поглощения. Особенно поглощенный почвой калий удобрения хорошо доступен растениям. Коэффициент использования калия из минеральных удобрений 60—70%.

На почвах среднего и тяжелого механического состава калийные удобрения необходимо вносить с осени под зяблевую вспашку. При этом они размещаются в более влажном слое почвы, где развивается основная масса деятельных корней, и поэтому калий лучше усваивается растениями.

На легких почвах, особенно в районах с большим количеством осадков, где возможно вымывание калия, калийные удобрения целесообразно вносить весной под культиватор.

Все калийные удобрения — физиологические кислые соли, но физиологическая кислотность у них меньше, чем у аммонийных удобрений, и проявляется она в более заметных размерах только при длительном применении их под культуры, потребляющие большое количество калия, — подсолнечник, гречиху, корнеплоды, картофель, овощи. Катионы K^+ и Na^+ , содержащиеся в калийных удобрениях, поглощаясь почвой, вытесняют из нее эквивалентное количество катионов Ca^{2+} или H^+ и Al^{3+} (на кислых почвах). Вытеснение ионов H^+ и Al^{3+} из почвы приводит к подкислению почвенного раствора и увеличению содержания в нем алюминия.

В более резкой форме подкисление наблюдается только при систематическом внесении высоких норм калийных

удобрений, особенно низкопроцентных калийных солей, на почвах, не насыщенных основаниями.

Для предотвращения отрицательного влияния калийных удобрений на эти почвы необходимо проводить известкование и внесение содержащих кальций азотных и фосфорных удобрений. На почвах, насыщенных основаниями (черноземах и сероземах), отрицательного действия калийных удобрений на физические свойства и реакцию почвы не наблюдается.

Наиболее эффективны калийные удобрения на легких песчаных и супесчаных, а также на торфянистых и пойменных почвах. На этих бедных калием почвах все сельскохозяйственные культуры сильно отзываются на внесение калийных удобрений. На торфяниках, которые содержат достаточно азота, а часто и фосфора, внесение одних калийных удобрений (без азотных и фосфорных) дает высокий эффект.

Важным условием эффективного применения калийных удобрений является хорошее обеспечение растений азотом и фосфором. На почвах, бедных азотом и фосфором, одни калийные удобрения не дают должного эффекта.

На дерново-подзолистых, суглинистых и глинистых почвах, содержащих значительное количество калия, потребность всех культур в калийных удобрениях проявляется обычно только при одновременном внесении азотных и фосфорных удобрений. На черноземных почвах, еще лучше обеспеченных калием, применение калийных удобрений (обязательно в сочетании с азотными и фосфорными) необходимо только под культуры, потребляющие много калия, — сахарную свеклу, кукурузу, подсолнечник, картофель и овощи, а на каштановых почвах и сероземах — только при орошении.

На солонцах, обычно богатых подвижным калием, калийные удобрения эффекта не дают, а внесение их способствует дальнейшему засолению этих почв.

При систематическом применении азотных и фосфорных удобрений эффективность калийных удобрений повышается и потребность в них с годами возрастает. С увеличением применения навоза, содержащего относительно много калия, на всех типах почв потребность в калийных удобрениях, наоборот, уменьшается.

МИКРОУДОБРЕНИЯ

Для увеличения производства сельскохозяйственной продукции наряду с основными удобрениями важное значение имеют микроудобрения, содержащие микроэлементы. Микроэлементы необходимы растениям в очень небольших количествах — их содержание составляет тысячные и десятитысячные доли процентов массы растений. Однако каждый из них выполняет строго определенные функции в обмене веществ, питании растений и не может быть заменен другим элементом (см. стр. 43—47).

При выращивании сельскохозяйственных культур на почвах с недостаточным, а в некоторых биогеохимических провинциях — с избыточным содержанием доступных форм микроэлементов снижается урожай и ухудшается качество продукции. Недостаток или избыток отдельных микроэлементов в растениеводческой продукции и кормах может вызывать заболевание человека и сельскохозяйственных животных.

В условиях интенсивной химизации сельского хозяйства рост урожаев сопровождается увеличением выноса всех элементов питания, в том числе микроэлементов. Это повышает потребность в применении отдельных микроудобрений на почвах не только с недостаточным, но и умеренным содержанием соответствующих микроэлементов в доступной растениям форме.

Борные удобрения. Необходимость внесения борных удобрений проявляется прежде всего на дерново-глеевых и темноцветных заболоченных почвах, а также на известкованных дерново-подзолистых и насыщенных основаниями почвах. Низким содержанием бора, как и других микроэлементов, отличаются песчаные и супесчаные почвы.

Основными формами борных удобрений являются боросуперфосфат (простой с содержанием водорастворимого бора 0,2%), суперфосфат двойной с добавкой бора (0,4%), бормагниевые удобрения (не менее 2,3%), известково-аммиачная селитра, содержащая бор (0,1—0,2%), борная кислота (17,3% бора) и ее натриевая соль — бура (11% бора).

Борная кислота и бура применяются для предпосевной обработки семян (дозы соответственно 100—200 и 200—300 г на 1 га) и некорневых подкормок (0,2—0,4 кг В на 1 га). Остальные борсодержащие удобрения вносятся в почву из расчета 0,5—0,8 кг В на 1 га.

Применение борных удобрений в первую очередь рекомендуется под сахарную свеклу, лен, семенники бобовых трав, корнеплоды, овощи и плодовые культуры на известкованных дерново-подзолистых, дерново-глеевых, торфяных почвах, выщелоченных черноземах и на легких почвах.

При внесении борных удобрений на почвах с низким содержанием доступных форм бора полностью устраняются заболевания корнеплодов «гнилью сердечка» и дуплистостью корня, льна — бактериозом, картофеля — паршой, плодовых — суховершинностью деревьев, пятнистостью и опробковением плодов. Урожайность корней сахарной свеклы и кормовых корнеплодов возрастает на 30—50 ц с 1 га, волокна и семян льна — на 0,5—1,5, зерна бобовых культур — на 2—4, семян клевера и люцерны — на 0,5—1 ц с 1 га.

В корнях сахарной свеклы при внесении бора увеличивается содержание сахара, в клубнях картофеля — содержание крахмала, улучшается качество волокна льна, повышается количество белка у бобовых, сахара и витаминов в овощах, ягодах и плодах.

Молибденовые удобрения. Наиболее эффективно применение молибдена под зернобобовые и овощные культуры, многолетние и однолетние бобовые травы, на лугах и пастбищах с бобовым компонентом в травостое на кислых дерново-подзолистых, серых лесных почвах и выщелоченных черноземах. Подвижных форм молибдена в кислых почвах очень мало, так как при кислой реакции он находится в недоступной для растений форме. Известкование кислых почв увеличивает подвижность молибдена в почве и его доступность для растения, уменьшает или полностью устраняет потребность в молибденовых удобрениях.

В качестве молибденовых удобрений применяются *молибденово-кислый аммоний* (содержащий 52% молибдена); порошок, содержащий *молибден* (14,5—16,5%); *суперфосфат* простой и двойной (0,1—0,2% молибдена) и отходы электроламповой промышленности, содержащие 0,3—0,4% молибдена в водорастворимой форме

Первые два удобрения используются для предпосевной обработки семян (50—70 г Мо на гектарную норму семян при опрыскивании раствором молибдата аммония или опудривании порошком, содержащим Мо).

Молибдат аммония применяется для некорневых подкормок из расчета 100—200 г Мо на 1 га. Молибденизиро-

ванный суперфосфат вносят в рядки при посеве (с обычной дозой фосфора 10—15 кг на 1 га вносится 50—75 г Мо на 1 га), а содержащие молибден отходы промышленности применяют в почву до посева (0,2—0,3 кг Мо на 1 га).

Применение молибдена на кислых почвах повышает урожайность гороха на 3—4 ц на 1 га, сена клевера и вики — соответственно на 8—10 и 7—9, семян клевера — на 0,5—1, моркови — на 70—80 ц на 1 га, салата, редиса и капусты — на 20—30%. Под влиянием молибдена значительно улучшается и качество продукции: увеличивается содержание белка в зерне и сене бобовых культур, витаминов и сахара в овощах.

Марганцевые удобрения. Недостаток марганца чаще всего проявляется на черноземных и дерново-карбонатных почвах с нейтральной или щелочной реакцией, особенно на песчаных и супесчаных, а также на карбонатных торфяниках. Дерново-подзолистые кислые почвы характеризуются высоким содержанием подвижного (обменного) марганца, поэтому применение марганцевых удобрений на этих почвах может оказать отрицательное действие, так как избыток марганца вреден для растений. При известковании кислых почв внесение марганцевых удобрений может быть эффективным.

Марганцевые удобрения применяют главным образом под сахарную свеклу, кукурузу, картофель, овощные и плодово-ягодные культуры, обеспечивая значительное повышение урожайности. Так, применение марганцевых удобрений на Украине обеспечивает получение прибавки урожайности сахарной свеклы 14—25 ц на 1 га при одновременном увеличении сахаристости корней на 0,11—0,33%, озимой пшеницы 3,2—4,7 ц на 1 га, капусты, картофеля и огурцов 40—50 ц на 1 га.

В качестве марганцевых удобрений используют *сернокислый марганец*, содержащий 21—22% марганца, *марганезированный гранулированный суперфосфат* с содержанием марганца 1,5—2% и отходы марганцово-рудной промышленности — *марганцевые шламы*, содержащие от 9 до 15% марганца в труднорастворимых формах. Марганцевые шламы можно вносить перед посевом под зяблевую вспашку или перепашку зяби (3—4 ц на 1 га), в почву при подкормках (0,5—1 ц на 1 га). Марганезированный суперфосфат используют в основном для припосевного внесения в рядки. Сернокислый марганец является растворимой солью и применяется для предпосевной обработки (намачивания

или опудривания) семян (50—100 г на 1 ц семян) и для некорневой подкормки (0,05%-ный раствор соли при расходе 300—500 л на 1 га).

Медные удобрения. Особенно бедны медью вновь освоенные низинные торфяники и заболоченные почвы с нейтральной или щелочной реакцией, а также дерново-глеевые почвы. Применение медных удобрений на этих почвах — непременное условие получения высоких урожаев. Зерновые культуры на торфяниках без медных удобрений дают ничтожные урожаи зерна — 2—3 ц с 1 га, а при их внесении урожайность повышается до 20—25 ц с 1 га.

Хорошо отзываются на медь также лен, конопля, сахарная свекла, подсолнечник, горчица, горох, тимофеевка, менее отзывчивы кормовая и столовая свекла, турнепс, морковь. Медные удобрения положительно влияют и на качество продукции: увеличивается содержание белка в зерне, сахара в корнеплодах, витамина С в плодах и овощах. Наиболее устойчивы к недостатку меди картофель, а также капуста и рожь.

В качестве медных удобрений главным образом применяют отходы серно-кислотной промышленности — *пиритные огарки*, содержащие 0,25—0,6% меди, а также медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, содержащий 23—25% меди. Пиритные огарки вносят раз в 4—5 лет с осени под зяблевую вспашку (0,8—1,5 кг Си на 1 га) или весной, не позднее чем за 10—15 дней до посева. Медный купорос может применяться для некорневой подкормки и для предпосевного намачивания семян. Для подкормки растворяют 250—500 г медного купороса в 300—500 л воды. Расход соли для предпосевной обработки 50—100 г на 1 ц семян. На торфяных почвах эффективно применение медно-калийных удобрений (57% K_2O и 1% Си в водорастворимой форме).

Цинковые удобрения. Недостаток цинка чаще всего проявляется у плодовых и citrusовых на карбонатных почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией. В этом случае у деревьев слабо закладываются плодовые почки, на концах ветвей образуются побеги с укороченными междоузлиями и мелкими листьями («розеточность»), плоды бывают уродливые и мелкие. Среди полевых культур к недостатку цинка чувствительны кукуруза, фасоль, соя, картофель и некоторые овощные растения. Валовое содержание цинка в почвах колеблется от 25 до 65 мг на 1 кг почвы. Более подвижен и доступен растениям цинк в кислых почвах. Бедны им карбонатные почвы, особенно зафосфаченные,

вследствие систематического применения высоких норм фосфорных удобрений. На этих почвах чаще возникает потребность в цинковых удобрениях.

В качестве цинковых удобрений применяют *сульфат цинка* ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), содержащий 21—23% Zn, *цинко-суперфосфат*, содержащий 0,1% Zn в водорастворимой форме и *отходы промышленности*, в частности шлаки медеплавильных заводов, содержащие 2—7% Zn, последние чаще всего вносят в почву в дозе 0,5—1,5 ц на 1 га. $ZnSO_4$ применяют для некорневой подкормки (200—400 л 0,01—0,02%-ного раствора на 1 га) и предпосевной обработки семян (6—8 л 0,05—0,1%-ного раствора на 1 ц семян). Обогащенный цинком суперфосфат вносят в почву при посеве и в основное удобрение.

Потребность различных сельскохозяйственных культур в отдельных микроэлементах на разных почвах неодинакова. Хорошо окультуренные систематически удобряемые навозом почвы обычно содержат достаточное количество подвижных форм микроэлементов и поэтому не требуют внесения микроудобрений.

При недостатке в почвах доступных форм бора, марганца, меди, молибдена, а в определенных условиях также кобальта, цинка, йода, ванадия и других микроэлементов наблюдаются специфические заболевания культур, они дают низкий и неполноценный по качеству урожай. В этом случае применение соответствующих микроудобрений устраняет заболевание растений и значительно повышает урожай и качество растениеводческой продукции. Под действием микроэлементов у многих растений повышается сахаристость, увеличивается содержание крахмала или белка, витаминов и жиров. Возрастает также устойчивость растений к засухе, высоким и низким температурам, снижается их поражаемость вредителями и болезнями. Значение микроэлементов выходит далеко за пределы растениеводства, поскольку с недостатком микроэлементов часто связаны многие заболевания животных и людей.

Недостаток в почве отдельных микроэлементов можно обнаружить при появлении специфических признаков во внешнем виде растений. Однако в практике сельского хозяйства чаще приходится встречаться с менее острым недостатком микроэлементов, когда четких внешних признаков не наблюдается, но рост, развитие растений угнетаются и они дают низкие урожаи. Потребность в применении микроудобрений может быть определена по результатам

химического анализа почв на содержание доступных для растений форм микроэлементов.

С наибольшей точностью о необходимости внесения микроудобрений в конкретных почвенно-климатических условиях можно судить по результатам полевых опытов.

Более высокая эффективность применения микроудобрений, как правило, наблюдается при хорошей обеспеченности растений основными элементами питания — азотом, фосфором и калием. В то же время внесение необходимых микроэлементов значительно повышает действие азотных, фосфорных и калийных удобрений. При внесении микроэлементов обеспечивается лучшее использование растениями питательных элементов из почвы и минеральных удобрений.

Потребности сельского хозяйства в микроудобрениях будут покрываться в будущем в значительной мере за счет производства обогащенных микроэлементами основных форм односторонних и комплексных минеральных макроудобрений. Экономическая оценка показывает их высокую эффективность.

Зональные агрохимические лаборатории проводят большой объем аналитической работы и полевые опыты с целью разработки научно обоснованных градаций обеспеченности почв различных зон страны отдельными микроэлементами и разработки рекомендаций по применению микроудобрений в севооборотах с учетом состава возделываемых культур.

Экономическая эффективность применения микроудобрений в условиях недостатка доступных форм микроэлементов в почвах весьма высокая. Так, в Латвийской ССР, где использование микроудобрений проводится в широких масштабах, установлено, что при сумме затрат на применение микроудобрений, не превышающих 4 руб. на 1 га, размеры стоимости дополнительной прибавки урожайности составляли: сахарной свеклы — 115 руб. с 1 га, картофеля — 92 и зерна гороха — 42 руб. с 1 га.

Дифференцированное, с учетом обеспеченности почв и потребности культур, применение микроудобрений должно стать неотъемлемым звеном химизации сельского хозяйства, позволяющим увеличить производство высококачественной растениеводческой и животноводческой продукции.

КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Комплексные удобрения подразделяют по составу на двойные (например, азотно-фосфорные, азотно-калийные или фосфорно-калийные) и тройные (азотно-фосфорно-калийные). По способу производства их делят на сложные, сложносмешанные (или комбинированные) и смешанные удобрения.

Сложные удобрения содержат два или три питательных элемента в составе одного химического соединения. Например, аммофос — $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, калийная селитра — KNO_3 , магний — аммонийфосфат MgNH_4PO_4 . Соотношение между питательными элементами в этих удобрениях определяется их формулой.

К сложносмешанным или комбинированным удобрениям относятся комплексные удобрения, получаемые в едином технологическом процессе и содержащие в одной грануле два или три основных элемента питания растений, хотя и в виде различных химических соединений. Они производятся путем специальной как химической, так и физической обработки первичного сырья или различных одно- и двухкомпонентных удобрений. К ним относятся: нитрофос и нитрофоска, нитроаммофос и нитроаммофоска, полифосфаты аммония и калия, карбоаммофосы, фосфорно-калийные прессованные удобрения, жидкие комплексные удобрения. Соотношение между элементами питания в этих удобрениях определяется количеством исходных материалов при их получении. Для сложных и комбинированных удобрений характерна высокая концентрация основных питательных элементов и отсутствие либо малое количество балластных веществ, что обеспечивает значительную экономию труда и средств на их транспортировку, хранение и применение.

Ассортимент комплексных удобрений в СССР представлен в основном следующими формами: двойные азотно-фосфорные удобрения — аммофос, нитроаммофосы и нитрофосы и двойные фосфорно-калийные удобрения — фосфаты калия, тройные сложные удобрения — аммофоски, нитроаммофоски и нитрофоски, магний-аммонийфосфат.

В связи с непрерывным увеличением производства и применения минеральных удобрений повышение концентрации питательных веществ в них имеет огромное народнохозяйственное значение, так как позволяет уменьшить общую физическую массу минеральных удобрений и объем их

перевозок, а следовательно, значительно снизить расходы на их транспортировку, хранение и внесение в почву.

Смешанные удобрения — это смеси простых удобрений, получаемые в заводских условиях либо на тукосмесительных установках на местах использования удобрений путем «сухого» смешивания.

Сложные удобрения

Аммофос — концентрированное комплексное фосфорно-азотное удобрение получают нейтрализацией ортофосфорной кислоты аммиаком. Основу аммофоса составляют моноаммонийфосфат $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и частично диаммонийфосфат $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Удобрение малогигроскопично, хорошо растворимо в воде.

В аммофосе, который выпускается в виде двух марок — «А» и «Б», содержится 9—11% N и 42—50% P_2O_5 , т. е. отношение N : P_2O_5 в удобрении чрезмерно широкое, равно 1 : 4 (азота содержится в 4 раза меньше, чем фосфора). Это высококонцентрированное удобрение, содержащее азот и фосфор в хорошо усвояемой растениями, преимущественно водорастворимой форме. 1 ц аммофоса заменяет не менее 2,5 ц простого суперфосфата и 0,35 ц аммиачной селитры.

Аммофос можно вносить в качестве основного удобрения в рядки при посеве под все культуры и в подкормку — под пропашные, технические культуры и овощи. Недостаток этого удобрения в том, что азота в нем содержится значительно меньше, чем фосфора, тогда как в практике чаще всего их вносят в одинаковых дозах. Поэтому для получения нормального соотношения N и P_2O_5 к аммофосу необходимо добавлять определенное количество одностороннего азотного удобрения — NH_4NO_3 или $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. При внесении этих удобрений до посева под хлопчатник и под озимые культуры их можно использовать и без дополнения азотными удобрениями, так как в этом случае недостаток азота компенсируется внесением азотных удобрений в подкормку. Аммофос можно непосредственно применять и в качестве припосевного (рядкового) удобрения под хлопчатник, картофель и зерновые культуры.

Результаты многих полевых опытов с различными культурами и в разных зонах страны показали, что эффективность аммофоса (как одного, так и дополненного азотным удобрением) обычно выше, чем смеси простых удобрений

(суперфосфата и аммиачной селитры), при равных нормах азота и фосфора.

Магний-аммонийфосфат $MgNH_4PO_4 \cdot H_2O$ — тройное сложное удобрение, содержащее 10—11% азота, 39—40% доступного фосфора и 15—16% магния. Удобрение слабо растворимо в воде, медленнодействующее. Однако N, P и Mg удобрения доступны для растений.

Удобрение можно вносить как основное под все культуры в больших дозах без вреда для растений. Удобрение эффективно при выращивании овощей в условиях защищенного грунта.

Сложносмешанные, или комбинированные удобрения

Нитрофосы и нитрофоски — соответственно двойные и тройные удобрения — получают разложением апатита или фосфорита азотной кислотой. При этом получается кальциевая селитра и дикальцийфосфат (с примесью монокальцийфосфата): $Ca_3(PO_4)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2CaHPO_4$.

Из-за сильной гигроскопичности $Ca(NO_3)_2$ такая смесь быстро отсыревает. Для улучшения физических свойств удобрения избыток кальция выделяют из раствора, для чего нитрат кальция переводят в другие соединения. Это достигается различными способами. К смеси горячей пульпы добавляют аммиак и серную кислоту или сульфат аммония (серно-кислотная и сульфатная схемы). При этом вместо $Ca(NO_3)_2$ образуются менее гигроскопичный нитрат аммония и гипс. По другому способу для выделения избытка кальция из раствора в пульпу добавляют аммиак и более дешевую угольную кислоту. Получается карбонатная нитрофоска. Применяют также вымораживание нитрата кальция с последующей обработкой смеси аммиаком и серной кислотой — получается вымороженный нитрофос. При добавлении к нитрофосам KCl получают тройные удобрения, называемые нитрофосками. Перспективным способом является получение фосфорной нитрофоски. В этом случае к смеси $Ca(NO_3)_2$, $CaHPO_4$ и $Ca(H_2PO_4)_2$, получаемой после разложения апатита или фосфорита азотной кислотой, добавляют аммиак, фосфорную кислоту и хлористый калий. Фосфорная нитрофоска — безбалластное и высококонцентрированное удобрение, содержащее 50% питательных веществ. До 50% содержащегося в ней фосфора находится в водорастворимой форме. Ее можно применять для допосевного и припосевного внесения.

В нитрофосках азот и калий находятся в форме легко-растворимых соединений (NH_4NO_3 , NH_4Cl , KNO_3 , KCl), а фосфор — частично в виде дикальцийфосфата, нерастворимого в воде, но доступного для растений, и частично в форме водорастворимого фосфата аммония и монокальцийфосфата. В зависимости от технологической схемы процесса содержание в нитрофосках водорастворимого и цитратнорастворимого фосфора может изменяться. В карбонатной нитрофоске водорастворимого фосфора не содержится, поэтому она применяется только как основное удобрение на кислых почвах.

В нашей стране выпускается одна марка гранулированной нитрофоски с общим содержанием питательных веществ не менее 33% (11% N, 11% P_2O_5 и 11% K_2O).

Нитрофоску вносят в качестве основного удобрения до посева, а также в рядки или лунки при посеве и в подкормку. Эффективность ее практически такая же, как и эквивалентных количеств смеси простых удобрений.

Нитрофоска имеет определенное соотношение азота, фосфора и калия, а так как разные почвы различаются по содержанию отдельных питательных веществ и потребность в них растений также неодинакова, то при внесении нитрофоски (как и других сложных и комбинированных удобрений) часто возникает необходимость в некоторой корректировке, т. е. дополнительном внесении того или иного недостающего элемента в виде простых удобрений.

Нитроаммофосы и нитроаммофоски получают при нейтрализации аммиаком смесей азотной и фосфорной кислот. Удобрение, получаемое на основе моноаммонийфосфата, называется нитроаммофосом, при введении калия — нитроаммофоской. Эти комплексные удобрения отличаются более высоким, чем нитрофоски, содержанием питательных веществ, причем при их получении имеется широкая возможность для изменения отношений между N, P и K в их составе. Нитроаммофосы могут выпускаться с содержанием N 30—10% и P_2O_5 27—14%. В нитроаммофосках общее содержание питательных веществ (N, P и K) составляет 51% (в марках «А» — 17—17—17 и «Б» — 13—19—19). Питательные элементы, не только азот и калий, но и фосфор, содержатся в водорастворимой форме и легкодоступны растениям. Эффективность нитроаммофосок такая же, как смеси простых водорастворимых удобрений.

Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) получают нейтрализацией орто- и полифосфорной кислот аммиаком с добав-

лением азотосодержащих растворов (мочевины, аммиачной селитры) и хлористого или сернокислого калия, а в отдельных случаях и солей микроэлементов. При насыщении ортофосфорной кислоты аммиаком образуются аммофос и диаммофос.

Общее содержание питательных веществ в жидких комплексных удобрениях на основе ортофосфорной (экстракционной или термической) кислоты сравнительно невысокое (24—30%), так как в более концентрированных растворах при низких температурах происходят кристаллизация солей и выпадение их в осадок. Соотношение азота, фосфора и калия в ЖКУ может быть различным, содержание N—5—10%, P_2O_5 —5—14 и K_2O —6—10%. В нашей стране выпускается в основном ЖКУ с соотношением питательных веществ 9 : 9 : 9, а также с другим соотношением (7 : 14 : 7; 6 : 18 : 6; 8 : 24 : 0 и др.).

На основе полифосфорных кислот получают ЖКУ с более высоким общим содержанием питательных веществ (более 40%), в частности удобрения состава 10 : 34 : 0 и 11 : 37 : 0, которые получают насыщением суперфосфорной кислоты аммиаком. Эти «базисные» удобрения используют для получения тройных ЖКУ различного состава, добавляя к ним мочевины или аммиачную селитру и хлористый калий.

Для повышения концентрации питательных веществ в жидких комплексных удобрениях добавляют к ним стабилизирующие добавки — 2—3% коллоидно-бентонитовой глины или торфа. Эти удобрения называют суспензированными. Базисное суспензированное удобрение имеет состав 12 : 40 : 0, на его основе можно готовить тройные ЖКУ различного состава (15 : 15 : 15; 10 : 30 : 10; 9 : 27 : 13 и др.). Коллоидная глина или торф удерживают соли от выпадения в осадок. Жидкие комплексные удобрения по эффективности не уступают смеси твердых односторонних туков и комплексным удобрениям типа нитроаммофоски. Особенно эффективно их применение на карбонатных черноземах и сероземах. При применении жидких комплексных удобрений необходим комплекс специального оборудования для их перевозки, хранения и внесения. Применять их можно теми же способами, что и твердые: сплошным распределением по поверхности почвы перед вспашкой, культивацией и боронованием, при посеве, а также в подкормки — при междурядной обработке пропашных или поверхностно на культурах сплошного посева.

Сложносмешанные гранулированные удобрения готовят смешиванием простых и сложных порошковидных удобрений (аммофоса, простого или двойного суперфосфата, аммиачной селитры или мочевины, хлористого калия) в барабанном грануляторе с добавлением аммиака для нейтрализации свободной кислотности суперфосфата и фосфорной кислоты (или аммофоса) для обогащения смеси фосфором. Выпускаемые в промышленном масштабе в нашей стране сложно-смешанные гранулированные удобрения имеют следующий состав: 10 : 10 : 10; 12 : 8 : 12; 10 : 10 : 15; 9 : 17 : 17. Общее содержание питательных веществ в них от 30 до 45%.

В состав сложных твердых и жидких удобрений в процессе их производства могут быть введены и микроэлементы, а также гербициды и ядохимикаты.

Смешанные удобрения

Смешанные удобрения получают при смешивании двух или трех простых негранулированных или гранулированных удобрений на специальных тукосмесительных заводах, на крупных механизированных складах агрохимцентров или непосредственно в хозяйствах. При этом достигается значительная экономия труда и времени на внесение удобрений по сравнению с отдельным внесением и повышается их эффективность, так как все необходимые удобрения вносятся в один след, они более равномерно распределяются по полю, отдельные элементы питания находятся в общих очагах.

Тукосмеси могут готовиться различного состава, с разным соотношением N : P : K в зависимости от потребностей удобряемой культуры и свойств почвы. В этом отношении тукосмеси имеют преимущество перед комплексными удобрениями, которые выпускают с содержанием питательных веществ, не всегда подходящим для внесения под культуры и на разных почвах. Однако не все удобрения можно смешивать друг с другом, так как в результате химических реакций между ними могут происходить нежелательные изменения — ухудшение физических свойств или уменьшение растворимости, или потеря необходимых питательных веществ.

При смешивании суперфосфата и фосфоритной муки с калийными удобрениями, а также аммиачной селитры и сульфата аммония с преципитатом, фосфоритной мукой и калийными удобрениями не происходит каких-либо не-

желательных изменений. Даже при длительном правильном хранении такие тукосмеси имеют хорошие физические свойства.

При смешивании аммонийных солей (сульфата аммония, нитрата аммония, аммофоса) с щелочными удобрениями (известью, золой, томасшлаком и термофосфатами) происходят потери азота вследствие выделения аммиака, например: $2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$. При смешивании суперфосфата с известью растворимая в воде соль монокальцийфосфат переходит в нерастворимую форму — в ди- или трикальцийфосфат: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Поэтому указанные выше удобрения нельзя смешивать друг с другом.

При заблаговременном смешивании сульфата аммония и аммиачной селитры с суперфосфатом получается мажущаяся смесь, неудобная для посева, а при хранении она затвердевает. Поэтому смешивать эти удобрения следует непосредственно в день внесения.

Для улучшения физических свойств смеси наиболее распространенных удобрений — аммиачной селитры и суперфосфата в гранулированных формах и хлористого калия — необходимо для нейтрализации свободной кислотности суперфосфата и снижения его гигроскопичности добавлять небольшое количество (10—15%) нейтрализующих добавок (молотого известняка или доломита, фосфоритной муки). При этом сохраняется хорошая рассеиваемость смеси даже при хранении ее в течение 4—5 мес.

Мочевину можно смешивать перед внесением со всеми формами фосфорных и калийных удобрений, а смесь ее с суперфосфатом сохраняет хорошие физические свойства и при заблаговременном смешивании. Физические свойства и рассеиваемость смесей резко улучшаются при смешивании гранулированных удобрений, особенно при одинаковых размерах гранул.

Приготовлении тукосмесей необходимо проводить с учетом потребности отдельных культур в определенном соотношении питательных веществ ($\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O}$), а также свойств почвы и способов внесения удобрений (основное, припосевное, подкормка). Для приготовления тукосмесей с высоким общим содержанием питательных веществ и хорошими физическими свойствами необходимо использовать в первую очередь мочевину или аммиачную селитру, суперфосфат двойной и аммонизированный или аммофос, флотационный (крупнокристаллический хлористый калий)

**24. Экономическая эффективность применения смесей
минеральных удобрений (в расчете на 1 т)**

| Показатели | Раздельное внесение простых удобрений | Приготовление и внесение смесей | |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------|
| | | двойных | тройных |
| Затраты труда, чел.-ч | 1,13 | 0,91 | 0,66 |
| Рост производительности труда, % | — | 24,2 | 71,2 |
| Себестоимость работ, руб. | 4,76 | 3,93 | 2,89 |
| Снижение себестоимости, % | — | 17,4 | 39,3 |
| Капиталовложения, руб. | 5,19 | 4,48 | 3,44 |
| Экономия капиталовложений, % | — | 13,7 | 33,7 |
| Производственные затраты, руб. | 5,80 | 4,83 | 3,58 |
| Снижение затрат, % | — | 16,7 | 38,3 |

Примечание. Доза внесения туков — 6 ц на 1 га, расстояние от склада до поля 5 км.

КС1. Механизированное приготовление и внесение туко-смесей дают большой экономический эффект по сравнению с раздельным внесением односторонних удобрений (табл. 24).

Для дозирования и смешивания простых (односторонних) удобрений используют тукосмесительную установку УТС-30 в агрегате с ленточным транспортером ПКС-80, смеситель-загрузчик СЗУ-20 в комплексе с фронтальным погрузчиком ПФ-0,75, а также установки, изготовленные на базе кузовных разбрасывателей.

Приготовленные смеси минеральных удобрений должны обладать хорошими физико-механическими свойствами, не слеживаться, не расслаиваться при транспортировке и внесении.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УДОБРЕНИЙ

Для организации правильного хранения, транспортировки, смешивания и внесения минеральных удобрений необходимо знать их основные физико-химические и механические свойства, определяющие (наряду с содержанием действующего вещества) качество поставляемого сельскому хозяйству удобрений и приготавливаемых тукосмесей.

Ниже дается краткая характеристика важнейших взаимосвязанных показателей этих свойств удобрений.

Влажность поставляемых сельскому хозяйству промышленных удобрений (ее максимально допустимый уровень)

должна составлять для азотных удобрений 0,15—0,3%, суперфосфатов — 3—4, остальных удобрений — 1—2%. От влажности зависят все основные физико-механические свойства удобрений.

Гигроскопичность характеризует способность удобрений поглощать влагу из воздуха. При повышенной гигроскопичности удобрения отсыревают, сильно смешиваются, ухудшается их сыпучесть и рассеиваемость, гранулы теряют свою прочность. Гигроскопичность удобрений оценивается по 10-балльной шкале. Кальциевая селитра имеет балл гигроскопичности около 9, гранулированная аммиачная селитра и мочевины — 5, гранулированный простой и аммонизированный суперфосфат — соответственно 4—5 и 1—3, а хлористый калий — 3—4.

Гигроскопичность удобрений определяет способ их упаковки, условия транспортировки и хранения. Бестарное хранение и транспортировка допустимы только для удобрений с баллом гигроскопичности меньше 3.

Предельная влагоемкость характеризуется максимальной влажностью удобрения, при которой сохраняется его способность к хорошему рассеиванию туковыми сеялками. При смешивании влажных удобрений получают смеси с плохой сыпучестью.

Плотность — масса единицы объема удобрения или туко-смеси, выражаемая в т на 1 м³. Она учитывается при определении необходимой емкости складов, тары, грузоподъемности транспортных средств и т. д. Зная насыпную плотность минеральных удобрений, можно, наоборот, от их объема перейти к массе. (см. приложение 1).

Угол естественного откоса — угол между горизонтальной плоскостью, на которой насыпью размещается удобрение, и плоскостью откоса кучи (касательной линией по боковой ее поверхности). Его величину необходимо учитывать при закладке удобрений на хранение насыпью, при проектировании бункеров, транспортных средств и т. п.

Гранулометрический состав — процентное содержание отдельных фракций удобрения, полученных путем рассеивания на ситах различного диаметра. От него зависят склонность удобрения к уплотнению, сводообразованию при хранении, слеживаемость и рассеиваемость.

При выравненном гранулометрическом составе удобрений и их смесей обеспечивается большая закономерность рассеивания центробежными разбрасывателями.

Слеживаемость — склонность удобрений переходить в связанное и уплотненное состояние. Она зависит от влажности удобрений, размера и формы частиц, их прочности, давления в слое, условий и продолжительности хранения. Слеживаемость определяется по прочности цилиндрического образца удобрения, хранившегося при строго определенных условиях, и оценивается по 7-балльной шкале.

К сильно слеживающимся удобрениям относятся аммиачная селитра (степень слеживаемости II—IV), порошкообразный суперфосфат (VI—VII степень) и мелкокристаллический хлористый калий (VI степень). Сульфат калия практически не слеживается (I степень). Слеживаемость удобрений можно уменьшить за счет производства удобрений в гранулированном виде с минимальным содержанием влаги, повышенной прочности гранул, защиты от поглощения влаги из воздуха при хранении и транспортировке.

Рассеиваемость — способность к равномерному рассеиванию удобрений — зависит прежде всего от их сыпучести (подвижности) и гранулометрического состава. Оценивается по 10-балльной шкале. Чем выше рассеиваемость, тем выше балл. При хорошей рассеиваемости удобрений и их смесей можно с успехом использовать простые по конструкции и высокопроизводительные центробежные разбрасыватели.

Прочность гранул определяет сохранность гранулометрического состава при транспортировке, хранении и внесении удобрений. Механическая прочность гранул на раздавливание (выраженная в кгс на 1 см²) и истирание (в %) определяется на специальных приборах.

Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТ) и техническими условиями (ТУ, разрабатываемыми с учетом особенностей производства на отдельных заводах и качества сырья) для каждого промышленного удобрения предусматривается минимальное содержание действующего вещества и максимальное содержание влаги и вредных примесей для растений, регламентируются основные показатели физико-химических и механических свойств удобрений.

Соответствие требованиям стандарта удобрений, поставляемых сельскому хозяйству, контролируется с помощью стандартных методов непосредственно на химических заводах и в специализированных подразделениях агрохимслужбы.

В решениях XXVI съезда КПСС, последующих Пленумов ЦК КПСС и в Продовольственной программе СССР до

1990 года особое внимание уделено повышению качества минеральных удобрений, усилению контроля за соблюдением стандартов на эту продукцию. Предусматривается поставка сельскому хозяйству несслеживающихся твердых минеральных удобрений только в гранулированном или крупнокристаллическом виде, пригодных для бестарной перевозки в специализированных саморазгружающихся вагонах и хранения без тары, для приготовления сухих туко-смесей.

ХРАНЕНИЕ, ТРАНСПОРТИРОВКА И ВНЕСЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Правильная организация хранения, перевозки и внесения удобрений имеет важное значение для снижения потерь и повышения их эффективности.

Минеральные удобрения хранят в специальных складах, построенных по типовым проектам: прирельсовых и пристанских, а также непосредственно в хозяйствах, при агрохимических пунктах колхозов и совхозов (рис. 7). Хранение минеральных удобрений на открытых, необорудованных площадках приводит к значительным их потерям (до 10—15%) и к ухудшению их качества: отсыреванию, слеживанию, снижению содержания в них питательных веществ. На специально подготовленной асфальтовой или бетонной открытой площадке, от которой обеспечен

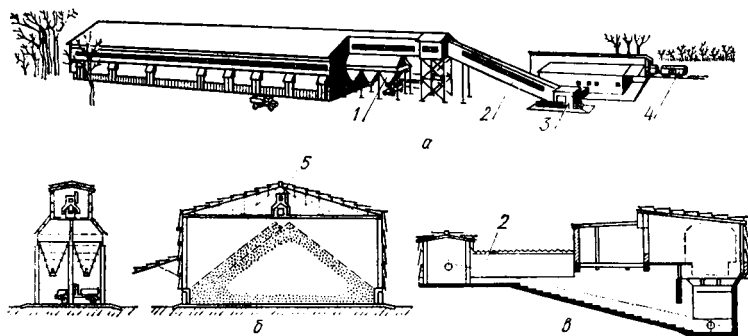


Рис. 7. Прирельсовый комплексно-механизированный склад для сухих незатаренных минеральных удобрений:

а — общий вид; *б* — поперечный разрез склада и бункера-накопителя; *в* — поперечный разрез приемного устройства; 1 — бункер-накопитель; 2 — наклонный транспортер; 3 — прирельсовый бункер; 4 — железнодорожный вагон; 5 — транспортер-распределитель туков по отсекам склада.

отвод дождевых, талых и грунтовых вод, допускается хранение в штабелях лишь затаренных в полиэтиленовые мешки удобрений (кроме аммиачной селитры). При этом штабель следует располагать на деревянных поддонах и укрывать сверху брезентом или полиэтиленовой пленкой.

Необходимость складирования удобрений обусловлена сезонностью их применения и неравномерным поступлением в течение года. Типы и размеры складов бывают разными, они рассчитываются на определенную емкость с учетом годовой оборачиваемости удобрений. Прирельсовые и пристанские склады имеют значительно бóльшую разовую емкость, чем склады колхозов и совхозов. Здания складов строят из железобетонных и облегченных деревянных конструкций, а также из кирпича и других местных строительных материалов. Располагают их на расстоянии не ближе 200 м от жилых, общественных и производственных зданий. Емкость прирельсовых и пристанских складов определяется исходя из количества обслуживаемых складом хозяйств, расстояния их от склада и перспективной годовой потребности в удобрениях (на 10—15 лет), а также с учетом минимальных затрат на строительство склада и доставку удобрений в колхозы и совхозы. Годовая оборачиваемость удобрений в прирельсовых складах в зависимости от зональных условий может быть двух-, трех- и четырехкратная.

Например, при перспективной годовой потребности всех хозяйств в минеральных удобрениях 15 тыс. т и трехкратной средней годовой оборачиваемости потребная емкость склада равняется 5 тыс. т. Размер склада хозяйства зависит от перспективной потребности его в минеральных удобрениях и коэффициента их оборачиваемости. В хозяйствах с перспективной потребностью удобрений менее 1—2 тыс. т целесообразно строить межхозяйственные склады минеральных удобрений (для 2—3 хозяйств). Склады, построенные по типовым проектам, должны отвечать следующим основным требованиям: обеспечение изоляции удобрений от атмосферных осадков, талых и грунтовых вод, создание микроклимата в хранилище (исключающего сквозняки и приток влажного воздуха), возможность механизации работ по разгрузке и погрузке удобрений (вдоль склада должен быть центральный проезд шириной 3 м для свободного передвижения погрузочных и разгрузочных машин). Для выгрузки незатаренных удобрений склад должен иметь приемное устройство, полы в складе должны

быть обязательно бетонные или асфальтовые (при хранении удобрений на земляном полу изменяются их физические свойства, они увлажняются, гранулы разрушаются).

Затаренные и незатаренные удобрения хранят в складах отдельно, размещают их по видам и формам в особых отсеках или незатаренные удобрения разделяют переносными щитами. На лицевой стороне отсека (секции) вывешивают этикетку с указанием названия удобрения, содержания в нем питательных веществ, времени получения. Незатаренные удобрения хранят насыпью высотой 2—3 м. Рассыпанные по полу удобрения немедленно убирают.

Затаренные удобрения (кроме аммиачной селитры) укладывают на плоские или стоечные поддоны в три яруса по пять рядов в каждом поддоне (всего 15 рядов). В районах достаточного и избыточного увлажнения затаренные удобрения лучше укладывать на решетчатые настилы и стеллажи. Для обеспечения сохранности упаковки при укладке необходимо соблюдать осторожность. При разрыве упаковки удобрения необходимо немедленно перезатарить.

Аммиачная селитра огнеопасна, поэтому ее хранят в специально оборудованных изолированных секциях или в отдельном складе. Пакеты с аммиачной селитрой лучше всего хранить на стеллажах или на стоечных антикоррозийных поддонах с высотой укладки 10 рядов (в 2 яруса по 5 рядов в каждом поддоне). Расстояние от штабеля до стены должно быть 1 м, между штабелями делают разрыв до 3 м.

Фосфоритную муку и пылевидные известковые удобрения хранят в специальных прирельсовых складах силосного типа. Склады должны иметь надежное весовое оборудование. Удобрения, известковые материалы и другие средства химизации можно отпускать со складов (баз) только по массе.

Кладовщик (или начальник склада) ведет точный учет поступления и расходования удобрений и несет ответственность за правильную организацию работ на складе и соблюдение техники безопасности при разгрузке и погрузке удобрений, укладке их в штабеля, подготовке удобрений к внесению и т. д.

Транспортировка минеральных удобрений от завода до прирельсовых складов осуществляется железнодорожным транспортом и от прирельсовых складов до складов хозяйств — автотранспортом. Для снижения потерь минеральных удобрений при перевозке их железнодорожным

транспортом и разгрузке вагонов необходимо соблюдать следующее. Для перевозки использовать только исправные вагоны. Затаренные удобрения перевозить в крытых железнодорожных вагонах общего назначения, преимущественно в пакетах на стоечных поддонах, устойчиво размещенных в вагоне, а для пакетной транспортировки удобрений из вагонов необходимо иметь в них широкие дверные проемы. Незатаренные гранулированные удобрения лучше всего перевозить в специализированных саморазгружающихся вагонах или (при перевозке удобрений, не выгружающихся гравитационно) в крытых вагонах общего назначения с самоуплотняющимися дверями или с дверными проемами, оборудованными заградительными щитами. Фосфоритную муку и известь перевозят в железнодорожных цистернах — цементовозах или в специализированных саморазгружающихся вагонах. Недопустимы выгрузка удобрений из вагонов на открытые площадки (кроме удобрений, затаренных в полиэтиленовые мешки или контейнеры), смешивание удобрений между собой и с другими материалами.

Разгрузка вагонов производится по схеме вагон — склад или вагон — автомобиль. При этом используется приемное устройство склада, а при его отсутствии — подкатной транспортер. При выгрузке удобрений из крытого вагона общего назначения в склад применяется машина типа МВС-4. После выгрузки вагонов нужно тщательно их вычистить, собрать остатки и просыпавшиеся удобрения. При перевозке удобрений автотранспортом необходимо использовать специализированные автомашины с закрытым кузовом, а при перевозке обычными автомашинами (особенно незатаренных удобрений) оборудовать кузова верхними непромокаемыми укрытиями. После выгрузки удобрений кузова автомобилей должны быть тщательно вычищены.

Подготовка минеральных удобрений к внесению, перевозка их к полю и внесение также должны осуществляться без потерь удобрений. Подготовку удобрений к внесению, их дробление и смешивание производят непосредственно на складе с использованием дробилок и тукосмесительных машин, а при их отсутствии и выполнении этих работ вручную — обязательно на асфальтовой или бетонной площадке.

Доставка удобрений к полю и их внесение могут проводиться по прямоточной и перевалочной технологии. В пер-

вом случае их перевозят и вносят в почву одной и той же машиной (разбрасывателями РУМ-3, 1-РМГ-4 и т. д.), во втором — удобрения подвозят к полю автотранспортом и выгружают на специально подготовленные площадки на обочине поля с последующей погрузкой в разбрасыватели.

Для снижения потерь перед вывозкой удобрений из склада в поле необходимо тщательно заделать все щели в кузовах транспортных средств, а выгружать их в поле на подготовленные площадки. При внесении удобрений, особенно авиаметодом, возможны их потери за счет сноса за пределы удобряемой площади. При использовании центробежных разбрасывателей возможны самоистечение удобрений из бункера при отключенном подающем устройстве, просыпание их в щели, а также неравномерное распределение удобрений по полю, значительно превышающее допустимый показатель (25%), что снижает их эффективность. Потери питательных веществ удобрений, особенно при несоблюдении оптимальных норм, сроков и способов их внесения, могут быть и после внесения удобрений в почву в результате вымывания в нижние горизонты и сноса стоковыми водами.

Для снижения потерь необходимо применять удобрения в соответствии с рекомендациями агрохимслужбы и научных учреждений — не допускать внесения их в осенне-зимний и ранневесенний периоды на избыточно увлажненных почвах и полях с невыровненным рельефом, весеннюю подкормку озимых культур и многолетних трав проводить после схода снега и прекращения поверхностного и внутрипочвенного стока талых вод. Необходимо добиваться максимальной равномерности распределения удобрений по площади центробежными разбрасывателями путем правильной их регулировки и перекрытия смежных проходов, строго контролировать своевременность включения и выключения рабочих органов туковых машин на разворотах.

При использовании самолетов важно обеспечить четкую сигнализацию и обозначение границ удобряемой площади и не вносить удобрения в ветреную погоду.

Применение авиации для внесения удобрений и ядохимикатов хотя и увеличивает затраты, но крайне необходимо в случаях срочной химической обработки полей или при невозможности использования наземных машин на сильно переувлажненных полях. Повышенные затраты на применение удобрений и ядохимикатов окупаются при этом до-

полнительной прибавкой урожая, получаемой в результате соблюдения оптимальных сроков проведения работ. Поэтому внесение удобрений наземными машинами и авиаметодом должны рационально дополнять друг друга. Соотношение объемов работ, выполняемых тем и другим способом, устанавливается исходя из конкретных зональных условий.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ РАБОТЕ С МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

При работе с минеральными удобрениями должны строго соблюдаться правила техники безопасности и охраны труда.

К работе с удобрениями и известковыми материалами допускаются лица не моложе 18 лет. Все работники (кладовщики, механизаторы, грузчики и др.) перед началом работы с удобрениями должны пройти инструктаж по технике безопасности и охране труда. Правила техники безопасности и санитарные правила при обращении с удобрениями вывешиваются в помещении склада. При работе с удобрениями на складе и вне склада все работающие должны надеть рекомендуемую для данного вида работы спецодежду и предохранительные приспособления: комбинезон, рукавицы, очки, респираторы или (при работе с жидким аммиаком) противогазы. При хранении аммиачной селитры необходимо соблюдать противопожарные правила. Нельзя хранить ее навалом вне склада и совместно с горючими веществами (торфом, соломой, нефтепродуктами и др.). В складе, где хранят аммиачную селитру, нельзя курить, пользоваться открытым огнем и обогревательными приборами. Возникший пожар следует тушить только водой. При тушении пожара необходимо пользоваться противогазом, чтобы избежать отравления выделяющимися окислами азота. Особую осторожность следует соблюдать при работе с жидким аммиаком. Емкости для его хранения и транспортировки должны иметь герметически закрывающиеся люки. При попадании жидких азотных удобрений на кожу их необходимо быстро смыть водой. При тяжелом отравлении аммиаком пострадавшего выносят на свежий воздух и вызывают врача. В случае прекращения дыхания необходимо сделать ему искусственное дыхание.

При внесении удобрений нельзя находиться вблизи разбрасывающих рабочих органов машины, а при работе

дисковых разбрасывателей — ближе 50—80 м от них. Загрузку машин удобрениями можно проводить только при полной их остановке. Все приводы машины должны быть закрыты щитами. Смазку и регулировку рабочих органов следует проводить только при полной остановке машины и выключенном двигателе трактора. Нельзя находиться между трактором и машиной при транспортировке и внесении удобрений. Скорость движения машин при внесении удобрений не должна быть выше установленной техническими условиями. В транспорте с минеральными удобрениями запрещается перевозка людей, пищевых продуктов, питьевой воды и предметов домашнего обихода.

При непрерывной работе с удобрениями рекомендуется делать 5-минутные перерывы через каждые полчаса работы в респираторе.

По окончании работы следует принять душ или тщательно вымыться с мылом. На месте работы постоянно должны быть запас чистой воды и аптечка.

При попадании удобрений в глаза следует промыть их большим количеством чистой воды и затем обратиться в медпункт, а при ожоге промыть обожженные места сильной струей воды, обработать 5%-ным раствором спирта и наложить марлевую повязку.

Строгое соблюдение правил техники безопасности и необходимых санитарных правил является непременным условием правильной организации труда при работе с минеральными удобрениями.

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

К органическим удобрениям относятся навоз, торф, навозная жижа, птичий помет, фекалии, различные компосты, зеленое удобрение. Органические удобрения содержат азот, фосфор, калий, кальций и другие элементы питания растений, а также органическое вещество, которое положительно влияет на свойства почвы.

Содержание азота, фосфора и калия в органических удобрениях по сравнению с минеральными невысокое, поэтому их не перевозят на далекие расстояния, а используют на месте получения и называют местными удобрениями.

НАВОЗ

Навоз — важнейшее органическое удобрение. В его составе находятся все основные питательные вещества, необходимые растениям, поэтому его называют полным удобрением.

В настоящее время в нашей стране ежегодно используется около 800 млн. т навоза, в котором содержится около 11 млн. т основных питательных веществ (около 4 млн. т N, 2 млн. т P_2O_5 и 4,8 млн. т K_2O). К 1990 г. объем применения навоза и других органических удобрений возрастет не менее чем до 1,5 млрд. т.

Навоз — важный источник элементов питания растений, его использование имеет большое значение для регулирования круговорота веществ в земледелии, сохранения и повышения содержания гумуса в почвах. Указывая на громадное значение навоза, Д. Н. Прянишников писал: «Как бы ни было велико производство минеральных удобрений в стране, навоз никогда не потеряет своего значения, как одно из главнейших удобрений в сельском хозяйстве».

Многочисленные опыты научно-исследовательских учреждений и практика передовых хозяйств показывают, что повышение урожайности сельскохозяйственных культур, особенно в Нечерноземной зоне, в значительной степени зависит от количества и качества применяемого навоза, правильного его хранения и использования. По данным научных учреждений Нечерноземной зоны, средние нормы навоза (20—30 т на 1 га) дают в год внесения следующие средние прибавки урожая (ц на 1 га): зерновых 6—7, картофеля 60—70, корнеплодов и силосных культур — 150—200. При правильном использовании навоз дает высокий эффект во всех зонах страны и на всех типах почв.

Навоз повышает урожай сельскохозяйственных культур не только в год внесения, но и оказывает значительное последствие. Опыты показывают, что 20—30 т навоза обеспечивают суммарную прибавку урожая 4—5 культур севооборота, равную в пересчете на зерно 20—30 ц с 1 га, то есть каждая тонна внесенного в почву навоза дает за время его действия прибавку урожая сельскохозяйственных культур, равную 1 ц зерна.

В зависимости от технологии содержания животных получают подстилочный и бесподстилочный (полужидкий и жидкий) навоз, который различается по составу, способам хранения и использования.

Подстилочный навоз

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

Количество и соотношение твердых и жидких выделений животных и их состав значительно различаются у отдельных видов скота. У лошадей в 3,5 раза, а у овец и крупного рогатого скота в 2,5 раза больше твердых, чем жидких, выделений; у свиней количество мочи в 2 раза больше, чем кала.

Твердые и жидкие выделения животных неравноценны по составу и удобрительным качествам. В жидких выделениях содержится больше азота (0,4—1,9%) и калия (0,5—2,3%), чем в твердых (соответственно 0,3—0,6% и 0,1—0,3%), а фосфора, наоборот, значительно больше в твердых выделениях (0,17—0,41%), чем в жидких (0,07—0,1%).

Подавляющее количество фосфора, выделяемого из организма животных, находится в кале, а основная часть калия и от $1/2$ до $2/3$ азота — в жидких выделениях. Азот и фосфор в твердых выделениях содержатся в составе органических соединений и переходят в доступную для растений форму после их минерализации. В жидких выделениях элементы питания представлены в растворимой, легкодоступной форме.

На состав и соотношение твердых и жидких выделений животных влияют количество и качество потребляемых кормов. Чем больше скармливается сочных кормов и выше их влажность, тем больше жидких выделений. Чем корм переваримее, тем меньше сухого вещества содержится в твердых выделениях. При увеличении количества концентрированных кормов возрастает содержание в навозе азота и фосфора. В среднем из потребляемого животными корма в навоз переходит около 40% органического вещества, 50 азота, 80 фосфора и до 95% калия.

25. Состав свежего навоза в зависимости от вида животных и подстилки, %

| Составные части навоза | На соломенной подстилке | | | | | На торфяной подстилке | |
|------------------------|-------------------------|-------|---------|------|--------|-----------------------|---------|
| | смешанный | коров | лошадей | овец | свиной | коров | лошадей |
| Вода | 75,0 | 77,3 | 71,3 | 64,6 | 72,4 | 77,5 | 67,0 |
| Органическое вещество | 21,0 | 20,3 | 25,4 | 31,8 | 25,0 | — | — |
| Азот общий | 0,50 | 0,45 | 0,58 | 0,83 | 0,45 | 0,60 | 0,80 |
| Азот аммиачный | 0,15 | 0,14 | 0,19 | — | 0,20 | 0,18 | 0,28 |
| Фосфор (P_2O_5) | 0,25 | 0,23 | 0,28 | 0,23 | 0,19 | 0,22 | 0,25 |
| Калий (K_2O) | 0,60 | 0,50 | 0,63 | 0,67 | 0,60 | 0,48 | 0,53 |
| Кальций (CaO) | 0,35 | 0,40 | 0,21 | 0,33 | 0,18 | 0,45 | 0,44 |
| Магний (MgO) | 0,15 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,09 | — | — |

В таблице 25 приведен состав свежего навоза отдельных видов скота при использовании соломенной и торфяной подстилок.

Содержание питательных веществ в навозе зависит от вида животных. Навоз лошадей и овец содержит меньше воды и больше органического вещества, а также азота, фосфора и калия, чем коровий и свиной навоз. Для увеличе-

ния выхода навоза и повышения его качества большое значение имеют вид и количество подстилочного материала. Подстилка улучшает физические свойства навоза, впитывает мочу и поглощает образующийся при ее разложении аммиак и таким образом уменьшает потери азота. Особенно важное значение имеет способность подстилки поглощать жидкость и газы. Содержание в ней азота и зольных веществ также сказывается на качестве навоза.

Для подстилки применяют солому злаковых и торф или торфяную крошку, режу — древесные стружки и опилки. Средние суточные нормы подстилки соломы злаковых и мохового торфа на одну голову (в кг) составляют соответственно: для коров 4—6 и 5—8; лошадей 2—4 и 3—5; овец 0,5—1 и 1—1,5 и свиней 1—2 и 1,5—2. С увеличением количества подстилки для коров с 2 до 6 кг почти в 1,5 раза возрастает накопление навоза и в 3—4 раза уменьшаются потери азота при хранении навоза (с 46 до 12%).

Ценным подстилочным материалом является торф, который содержит в 3—4 раза больше азота, чем солома, и обладает значительно большей поглощательной способностью — почти полностью поглощает мочу и образующийся при ее разложении аммиак. Навоз на торфяной подстилке содержит меньше калия, но больше общего и аммиачного азота, чем навоз на соломенной подстилке. Эффективность его значительно выше, особенно на дерново-подзолистых почвах.

Для подстилки лучше всего использовать слаборазложившийся (содержащий менее 20% гумифицированных органических веществ) верховой (моховой) торф влажностью 30—40%. При использовании на подстилку низинного, более разложившегося торфа его берут в удвоенном количестве и во избежание загрязнения животных застилают сверху слоем соломы.

Чаще всего для подстилки используют солому в виде резки длиной 8—15 см. В этом случае она больше впитывает мочи, равномернее увлажняется, навоз получается более однородный, плотнее укладывается в штабель и при хранении меньше теряет азота, его удобнее вносить в почву и можно равномернее распределить по полю. Потеря азота из такого навоза уменьшается почти в два раза, а эффективность повышается примерно в 1,5 раза.

При использовании на подстилку мелкой стружки и древесных опилок получается навоз плохого качества. Он имеет низкое содержание азота и медленно разлагается.

Количество получаемого в хозяйстве навоза зависит от вида животных, общего поголовья скота, продолжительности стойлового периода, количества кормов и применяемой подстилки. Количество навоза, получаемого в хозяйстве (Н), можно подсчитать по формуле:

$$H = \left(\frac{K}{2} + П \right) \cdot 4,$$

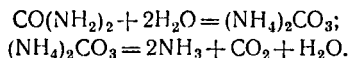
где $\frac{K}{2}$ — количество сухого вещества корма, переходящего в навоз; П — количество подстилки; 4 — коэффициент (масса сырого навоза в 4 раза больше, чем масса сухого вещества корма).

Общее количество навоза можно определить также исходя из имеющегося поголовья скота и количества навоза, получаемого от одной головы в год (табл. 26), с учетом потерь при работе и на пастбище.

26. Примерное количество навоза (в т), получаемого от одной головы скота за год

| Продолжительность стойлового периода, дней | Крупный рогатый скот (или две головы молодняка до двух лет) | Лошади | Овцы |
|--|---|--------|---------|
| От 200 до 220 | 7—8 | 5—6 | 0,8—0,9 |
| От 180 до 220 | 6—7 | 4—5 | 0,6—0,8 |
| Меньше 180 | 4—5 | 2,5—3 | 0,4—0,5 |

Хранение подстилочного навоза. Количество и качество навоза в большой степени зависят от способа его хранения. При хранении навоза под влиянием микроорганизмов происходит разложение азотистых и безазотистых органических веществ. Мочевина и другие органические азотистые соединения, содержащиеся в жидких выделениях животных, превращаются в газообразный аммиак, представляющий собой основной источник потерь азота из навоза. Мочевина под действием фермента уреазы, выделяемого уробактериями, превращается в углекислый аммоний, который легко распадается на аммиак, углекислоту и воду:



Азотистые соединения твердых выделений и подстилки состоят преимущественно из белковых веществ и очень

медленно разлагаются с образованием аммиака. Безазотистые органические вещества навоза представлены в основном клетчаткой и другими легкоразлагающимися органическими соединениями. Чем соломистее навоз, тем больше в нем содержится безазотистых органических веществ. При доступе воздуха разложение их происходит до углекислоты и воды и сопровождается повышением температуры навоза до 50—70 °С. При анаэробных условиях клетчатка разлагается с образованием углекислоты и метана.

При большем содержании в навозе легкоразлагающихся органических веществ и лучшем доступе воздуха разложение его протекает интенсивнее. В зависимости от условий хранения разложение навоза происходит с различной интенсивностью и навоз получается разного качества. Существуют плотный, рыхлый и рыхло-плотный способы хранения навоза.

При плотном, или холодном, способе хранения навоз укладывают слоями 3—4 м шириной и немедленно уплотняют. Штабель делают высотой 1,5—2 м, а длиной в зависимости от количества навоза. Сверху его покрывают торфом или соломой. Температура в таком плотно уложенном штабеле бывает невысокой (20—30 °С), доступ воздуха в него ограничен, свободные от воды поры заняты углекислотой, в результате чего микробиологическая деятельность затрудняется, поэтому разложение органического вещества протекает медленно.

Свежий навоз становится полуперепревшим через 3—5 мес. Потери азота при таком способе хранения сравнительно небольшие. Навоз, хранившийся плотным способом, содержит значительное количество аммиачного азота, эффективность его гораздо выше, чем при других способах хранения.

При рыхлом хранении навоза без уплотнения происходят наибольшие потери органического вещества и азота, навоз разлагается неравномерно, удобрительное качество его снижается (табл. 27).

При рыхло-плотном (горячем) способе хранения навоз укладывают сначала рыхлым слоем высотой 0,8—1 м. При такой укладке микробиологические процессы протекают в условиях хорошего доступа воздуха, наблюдается интенсивное разложение органического вещества навоза, температура поднимается до 60—70 °С и происходят значительные потери азота. После этого навоз тщательно уплотняют, при этом доступ воздуха внутрь штабеля прекращается,

27. Потери органического вещества и азота при разных способах хранения навоза (в % от содержания их в свежем навозе)

| Способ хранения навоза | Соломенная подстилка, потери при хранении | | Торфяная подстилка, потери при хранении | |
|------------------------|---|-------|---|-------|
| | органического вещества | азота | органического вещества | азота |
| Рыхлый | 32,6 | 31,4 | 40,0 | 25,2 |
| Рыхло-плотный | 24,6 | 21,6 | 32,9 | 17,0 |
| Плотный | 12,2 | 10,7 | 7,0 | 1,0 |

температура снижается до 30—35 °С, аэробные условия разложения сменяются анаэробными, потери органического вещества и азота уменьшаются. На первый слой навоза в том же порядке накладывают второй слой, затем третий до тех пор, пока высота штабеля не достигнет 2—3 м. В плотном состоянии навоз хранится до вывозки в поле.

При этом способе хранения разложение навоза значительно ускоряется, в нем погибают семена сорных трав и возбудителей желудочно-кишечных заболеваний, но потери органического вещества и азота из навоза значительно увеличиваются.

Рыхло-плотный способ хранения может быть рекомендован только, если применяется большое количество подстилки и навоз получается солоmistый, а вносить его нужно весной под яровые или пропашные культуры, а также при необходимости провести обеззараживание навоза.

Потери азота при разложении навоза во время хранения значительно сокращаются при добавлении к нему (при укладке в штабеля) фосфоритной муки в количестве 3% массы навоза. При компостировании с фосфоритной мукой навоз обогащается фосфором, разложение органического вещества ускоряется, в компосте накапливается значительное количество гумусовых веществ.

Навозно-фосфоритный компост созревает за 2—3 месяца в весенне-летнее время и за 3—4 месяца зимой. В процессе разложения навоза микроорганизмами под действием образующейся CO_2 и органических кислот фосфор фосфоритной муки переходит в доступную для растений форму. Одновременно происходит связывание выделяющегося из навоза аммиака с образованием $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и поэтому сокращаются его потери.

Для хранения навоза в каждом хозяйстве необходимо иметь навозохранилище (котлованного или наземного типов) с жижесборником.

В северных районах при высоком уровне грунтовых вод навозохранилища устраиваются на поверхности земли с боковыми бортами из камня, кирпича или других материалов. В южных и юго-восточных засушливых районах, где навоз быстро подсыхает, рекомендуется устройство навозохранилищ котлованного типа глубиной до 1 м. Навозохранилища располагают на возвышенных местах на расстоянии не менее 50 м от скотных дворов и свыше 200 м от жилых построек. Основное требование при постройке навозохранилища — устройство прочного и водонепроницаемого дна, лучше всего цементированного или асфальтированного. Размеры навозохранилища определяются в зависимости от количества скота, продолжительности хранения и от того, какая часть навоза может вывозиться непосредственно на поля, минуя навозохранилище. Примерная площадь на одно животное для хранения навоза в течение 2,5—3 месяцев следующая (в м²): крупный рогатый скот — 2—2,5, молодой крупного рогатого скота — 1—1,25, свиньи — 0,4—0,5, овцы — 0,2—0,3. Емкость жижесборников зависит от объема навозохранилища — на 100 м² площади должно быть около 2 м³ емкости для сбора жижи.

Типовое навозохранилище, рассчитанное на хранение навоза от 100 коров, получаемого в течение 2,5—3 месяцев (около 300 т), имеет объем около 100 м³.

Весь навоз, который нельзя сразу вывезти в поле и сложить там в штабеля, необходимо складывать в навозохранилище. Навоз надо укладывать вдоль длинной стороны навозохранилища большими правильными штабелями шириной 2—3 м, тесно примыкающими друг к другу. При такой укладке потери азота меньше и навоз разделяется по степени разложения: в одной стороне навозохранилища навоз более разложившийся, в другой — менее. Штабеля покрывают сверху торфом или землей слоем 15—20 см. Ежегодно около 70% накапливаемого в хозяйствах навоза вывозят в поле зимой. В поле навоз необходимо укладывать в большие, хорошо уплотненные штабеля (по 40—60 т) шириной 3—4 м и высотой 1,5—2 м.

Для закладки штабеля выбирают высокое, сухое место, очищают его от снега и для поглощения жижи, которая выделяется при разложении навоза, укладывают слой (20—30 см) торфа или соломенной резки. Чтобы навоз не замер-

зал, укладку каждого штабеля необходимо заканчивать в 1—2 дня. Уложенный в штабель навоз с боков и сверху тщательно оправляют, чтобы стенки были отвесны, а верх имел покатость для стока воды. Сверху штабель покрывают слоем торфа толщиной 15—20 см.

Недопустима укладка навоза, вывезенного в поле зимой или весной, мелкими кучами. Навоз при этом сильно выветривается и пересыхает, а зимой промерзает и затем долго оттаивает, питательные вещества из него выщелачиваются дождевыми и тальными водами. Потери азота достигают 35—40%, причем аммиачный азот, который доступен растениям в первый год, теряется полностью. Удобрительное действие навоза при этом резко снижается.

В опытах Волоколамского опытного поля Московской области при внесении навоза (20 т на 1 га), вывезенного в поле зимой и хранившегося в больших, хорошо уплотненных штабелях, были получены прибавки урожая озимой ржи 5,9 ц и картофеля 74,4 ц на 1 га, а при внесении той же нормы навоза, хранившегося до запашки в мелких кучах, урожай озимой ржи повысился только на 2,1 ц и картофеля на 23,2 ц на 1 га.

Качество навоза в большой степени зависит от продолжительности его хранения. С увеличением срока хранения потери азота и органического вещества из навоза возрастают. В зависимости от способа и продолжительности хранения навоз получается различной степени разложения.

По степени разложения различают следующие виды навоза: свежий, слаборазложившийся (солома почти полностью сохраняет свой цвет и прочность), полуперепревший (солома темно-коричневого цвета, легко разрывается), перепревший (солома полностью разложилась, навоз имеет вид черной мажущейся массы) и перегной (рыхлая землистая масса).

В перепревшем навозе и перегное относительное (в %) содержание азота, фосфора и калия выше, чем в полуперепревшем, однако из 20 т свежего навоза получается 17—14 т полуперепревшего, 10 т перепревшего и 5—7 т перегнойа, а общее содержание азота в этой массе навоза разной степени разложения составит 104 кг в свежем навозе, 84—102 кг в полуперепревшем, 66 кг в перепревшем и 37—51 кг в перегное. Таким образом, при доведении навоза до стадии перепревшего и перегнойа теряется больше азота, соответственно около 40 и 60% исходного количества, тог-

да как при получении полуперепревшего навоза — только около 15%.

Не рекомендуется вносить в почву и солоmistый свежий навоз, так как разложение соломы в почве сопровождается развитием большого количества микроорганизмов и потреблением ими растворимых соединений азота и фосфора из почвы. Внесение солоmistого навоза незадолго перед посевом может привести к снижению урожая первой культуры. Кроме того, свежий навоз содержит большое количество семян сорных растений, а также вызывает излишнюю аэрацию почвы, вредную в засушливых районах.

Наиболее рационально применять навоз в полуперепревшем состоянии, в котором лучше сохраняется азот, особенно аммиачный, и содержится больше органического вещества, чем в хорошо перепревшем навозе.

Фактическое количество навоза на скотных дворах в навозохранилищах и штабелях определяется по занятому им объему и массе 1 м³ навоза. Примерная масса 1 м³ свежего рыхлосложенного и уплотненного навоза соответственно составляет около 300 и 400 кг, полуперепревшего — 700—800, а сильноразложившегося — 800—900 кг

Действие навоза на почву и растения. Полуперепревший подстилочный навоз благодаря большому содержанию органического вещества оказывает положительное влияние на физические, физико-химические и биологические свойства почвы. При систематическом его внесении увеличивается содержание гумуса и общего азота в почве, снижается обменная и гидrolитическая кислотность, уменьшается содержание в почве подвижных форм алюминия и марганца, повышается степень насыщенности основаниями. Песчаные и супесчаные почвы становятся более связными, повышается их поглотительная способность и буферность, что способствует сохранению в них влаги и питательных веществ. Глинистые почвы под действием навоза становятся более рыхлыми, легче поддаются обработке, делаются более проницаемыми для воды и воздуха.

При систематическом внесении навоза не только снижается кислотность почвы (при норме навоза 30—40 т на 1 га вносится 0,3—0,5 т кальция и магния в пересчете на карбонаты), но и улучшается питание растений кальцием, магнием, серой и микроэлементами. Важное значение имеет также выделяющаяся при разложении навоза углекислота. При разложении 30—40 т навоза ежедневно выделяется от 35 до 65 кг СО₂, что улучшает углеродное питание растений.

С навозом в почву вносится громадное количество микроорганизмов. Органическое вещество навоза — хорошо доступный источник пищи и энергетический материал для жизнедеятельности почвенной микрофлоры. Поэтому при внесении навоза усиливаются микробиологическая деятельность почвы и мобилизация содержащихся в ней запасов питательных веществ.

В навозе содержатся все элементы питания, необходимые растениям. Доступность отдельных питательных веществ навоза различна и зависит от его качества, а также от почвенно-климатических условий. В 1 т полуперепревшего навоза содержится 4—5 кг азота, 2—2,5 кг фосфора и 5—7 кг калия.

Коэффициент использования азота из полуперепревшего навоза первой культурой зависит от содержания в нем аммиачного азота и составляет в среднем 20—30% общего количества азота. В первый год растения усваивают главным образом аммиачный азот. В твердых выделениях животных и в подстилке азот находится в форме органических соединений, которые медленно минерализуются в почве и в первый год слабо используются растениями. В жидких выделениях азот находится преимущественно в форме растворимых соединений, легко превращающихся в аммиак. Поэтому чем больше жидких выделений поглощается подстилкой, тем богаче навоз аммонийным азотом и тем выше действие такого навоза в первый год после внесения. Навоз на торфяной подстилке обычно содержит больше аммонийного азота, поэтому и эффективность его в первый год выше, чем навоза на соломенной подстилке.

Коэффициент использования первой культурой фосфора и особенно калия из навоза выше, чем азота. Усвоение растениями фосфора в первый год составляет 30—40%, а калия 60—70% общего содержания их в навозе. Из навоза в первый год лучше всего используется калий. Общее содержание калия в навозе также выше, чем азота и особенно фосфора. По сравнению с минеральными удобрениями азот навоза усваивается в первый год хуже, фосфор — лучше (почти в 2 раза, чем фосфор суперфосфата при разбросном внесении), а калий — в близкой степени.

При внесении навоза прежде всего обеспечивается калийное питание растений. Удобрительное же действие навоза главным образом определяется содержанием в нем общего и аммонийного азота, так как в большинстве почв,

особенно Нечерноземной зоны, для нормального питания растений в первую очередь не хватает азота.

Навоз обладает значительным последствием. Использование азота, фосфора и калия из навоза второй культурой составляет обычно соответственно 15—20; 10—15 и 10—15%, третьей — 10—15; 5—10 и 0—10%. Использование питательных веществ навоза за ротацию севооборота (с учетом последствия) составляет: азота 50—60%, фосфора 50—60 и калия 80—90%, что близко к использованию соответствующих питательных веществ из минеральных удобрений. Результаты многолетних полевых опытов показывают, что при внесении навоза и минеральных удобрений в эквивалентных количествах по валовому содержанию питательных веществ суммарные прибавки урожая всех культур за ряд лет (за одну и более ротаций севооборота) оказываются довольно близкими.

Однако урожай одних культур (клевер, пшеница, свекла) может быть выше по навозу, а других (рожь, овес, картофель) — по минеральным удобрениям. Преимущество навоза или минеральных удобрений для той или иной культуры зависит как от биологических особенностей растений, так и от свойств почвы. На кислых почвах, особенно при систематическом внесении физиологически кислых минеральных удобрений, преимущество на стороне навоза, а на некислых почвах — на стороне минеральных удобрений или они равноценны с навозом.

Эффективность навоза и особенности его применения в различных почвенно-климатических условиях. Прямое действие (в год внесения) и последствие навоза зависят от качества и нормы навоза и почвенно-климатических условий. Слаборазложившийся солоmistый навоз в первый год может действовать хуже, чем на второй и третий годы. Чем больше вносится навоза, тем выше его прямое действие и продолжительнее последствие.

На глинистых почвах навоз разлагается медленно, последствие его сказывается даже на шестой-седьмой год после внесения; на супесчаных почвах навоз разлагается быстрее и действие его не столь длительно — три-четыре года. В более увлажненной Нечерноземной зоне разложение навоза происходит быстрее, чем в засушливых южных и юго-восточных районах, где навоз разлагается слабее из-за недостатка влаги в почве. Поэтому в Нечерноземной зоне прямое действие на первой культуре выше, чем в Черноземной, а последствие на второй и третий год может быть

ниже. В засушливых юго-восточных районах последствие часто превышает прямое действие на первую культуру.

Наиболее высокий эффект дает внесение навоза в северных, западных и центральных районах Нечерноземной зоны и на севере Черноземной зоны, более обеспеченных влагой. Средняя норма навоза в этих районах 30—40 т на 1 га.

На легких песчаных и супесчаных почвах, где навоз быстрее разлагается и питательные вещества могут вымываться, лучше вносить меньшие нормы навоза, но чаще. Высокие прибавки урожая зерновых, сахарной свеклы и других культур дает внесение навоза на черноземных почвах. Средняя норма навоза здесь 20—30 т на 1 га.

В засушливых районах эффективность навоза ниже, чем в более влажных районах. При надлежащей обработке почвы и других мероприятиях, обеспечивающих накопление и сохранение влаги, особенно при орошении, эффективность навоза в засушливых районах повышается и норму его можно увеличить.

Нормы навоза зависят от его качества и имеющегося в хозяйстве количества, а также удобряемой культуры. Под овощные и пропашные культуры (кукурузу, картофель, сахарную свеклу и др.) необходимо вносить более высокие нормы (40—50 т на 1 га), чем под зерновые (20—30 т на 1 га).

Наиболее рационально внесение навоза вместе с минеральными удобрениями. При этом действие навоза и минеральных удобрений заметно возрастает. Многочисленные опытные данные показывают, что при совместном внесении наполовину уменьшенных норм навоза и минеральных удобрений получают более высокие прибавки урожая (на 20—60%), чем при раздельном внесении полных норм этих удобрений. Объясняется это тем, что при совместном внесении создаются более благоприятные условия питания растений, чем при раздельном внесении. За счет минеральных удобрений обеспечивается питание растений в первый период вегетации, а навоз, постепенно разлагаясь в почве, обеспечивает растения питательными веществами ко времени наибольшей потребности в них. Кроме того, при этом вследствие уменьшения вдвое нормы минеральных удобрений исключается отрицательное действие на отдельные растения повышенной концентрации солей, особенно опасной в начальный период роста.

Время внесения и глубина заделки навоза в почву. Навоз из навозохранилища или штабелей, сложенных в поле, сле-

дует равномерно разбросать, что лучше всего осуществляется с помощью навозоразбрасывателей, и немедленно запахать. Задержка с заделкой в почву навоза только на один день приводит к большим потерям азота и снижению эффективности удобрения.

Лучше всего вносить навоз с осени под зяблевую вспашку. Это особенно важно для засушливых районов. В Нечерноземной зоне хороший полуперепревший навоз под пропашные культуры позднего посева можно вносить также весной под перепашку зяби.

В зависимости от почвенных и климатических условий глубина заправки навоза может колебаться от 12—14 см до 20—22 см. В засушливых районах необходима более глубокая заделка навоза, чем во влажных. На тяжелых почвах, где разложение навоза затруднено, лучше запахивать его на меньшую глубину — 12—14 см, а на легких — заделывать глубже — на 20—22 см.

В севообороте навоз прежде всего необходимо вносить под овощные и пропашные культуры (картофель, кукурузу, сахарную свеклу, кормовые корнеплоды), а также под озимые зерновые культуры. Они наиболее требовательны к условиям питания и дают большие прибавки урожая по сравнению с другими культурами.

При сочетании навоза и минеральных удобрений возможна одновременная заделка их в почву, внесение на одной площади, но в разные сроки и наконец внесение навоза на одни поля (под пропашные), а минеральных удобрений — на другие (под зерновые культуры). Из минеральных удобрений к подстилочному навозу в первую очередь следует добавлять азотные и фосфорные удобрения.

Бесподстилочный навоз

Состав и выход навоза. При ограниченном использовании подстилочного материала (до 1 кг на корову в сутки) получается навоз с влажностью до 85—87%. Накопление смеси твердых и жидких выделений животных при небольшом количестве подстилки позволяет полностью механизировать очистку животноводческих помещений, однако получаемый навоз имеет неблагоприятные для транспортировки и внесения физические свойства. Потери азота из такого навоза даже при хранении в закрытых навозохранилищах достигают больших размеров, и перед его внесе-

нием в почву требуется предварительное компостирование с торфом или землей.

На крупных специализированных фермах и животноводческих комплексах практикуется бесподстилочное содержание животных, при котором получается бесподстилочный жидкий навоз — подвижная смесь кала, мочи и технологической воды (попадающей в навоз при уборке помещения, мытье кормушек, из автопоилок). Такой навоз обладает текучестью и легко поддается перекачке по трубам самотеком и с помощью насосов. Применение подстилки для животных на крупных промышленных фермах требует больших затрат труда и сдерживает рост производительности труда в животноводстве

Количество и качество бесподстилочного навоза зависят от вида и возраста животных, типа кормления, продолжительности откорма или стойлового содержания, количества воды, расходуемой при уборке навоза, и технологии накопления.

Общий годовой выход (Γ) смеси экскрементов при обычной влажности их около 90% можно определить по формуле: $\Gamma = \text{Свк} (1 - K) \cdot 10$,

где Свк — сухое вещество корма, т; K — средний коэффициент переваримости кормов (для свиней 0,7, для крупного рогатого скота 0,6).

Средний выход бесподстилочного навоза от одной головы крупного рогатого скота составляет 50—60 л/сут (30—35 л кала и 15—20 л мочи, 5 л неизбежных технологических вод), от одной свиньи — 12 л (8 л кала, 2 л мочи и 2 л воды). В производственных условиях за счет технологических вод выход навоза по сравнению с количеством экскрементов животных может увеличиваться и в большей степени — на 25%.

В зависимости от содержания воды бесподстилочный навоз называют полужидким (смесь экскрементов с влажностью до 90%) или жидким (влажность за счет технологических вод 93%). Смесь экскрементов, значительно разбавленную водой (влажность более 93%), называют навозными стоками. Объемная масса бесподстилочного навоза близка к 1, т. е. 1 м³ весит 1 т. На крупных животноводческих комплексах выход бесподстилочного навоза при самосплавле составляет для комплексов на 1200 коров — около 30 тыс. т в год, на 10 тыс. бычков — около 110, на 100 тыс. свиней — около 100 тыс. т. Использование такого громадного количества навоза возможно только при полной меха-

низации и автоматизации всех процессов транспортировки, хранения и применения.

При дальнейшем разбавлении бесподстилочного навоза водой до 95%-ной влажности объем его увеличивается в 2 раза, а до 98%-ной — в 5 раз по сравнению с объемом экскрементов животных, при этом содержание сухого вещества и питательных веществ в нем соответственно снижается.

Применение системы прямого гидросмыва приводит к разбавлению навоза водой в 2—3 раза, соответственно возрастает потребность в емкостях для хранения и транспортных средствах для вывозки и внесения навоза. По мере разбавления навоза водой утрачивается экономическое преимущество бесподстилочного содержания животных по сравнению с подстилочным. Разбавление бесподстилочного навоза водой целесообразно лишь непосредственно перед внесением его с одновременным поливом или орошением. Неразбавленный жидкий навоз крупного рогатого скота и свиней, полученный на крупных фермах и промышленных комплексах, соответственно содержит (в %): сухого вещества 10—11,5 и 9,8—10,5; азота 0,40—0,43 и 0,5—0,7; фосфора 0,28—0,20 и 0,40—0,25; калия 0,45—0,50 и 0,21—0,24. При скармливании животным концентрированных кормов получаемый навоз отличается повышенным содержанием питательных веществ.

В бесподстилочном навозе от 50 до 70% азота находится в аммонийной форме, хорошо доступной растениям в первый период внесения. Поэтому коэффициент использования азота бесподстилочного навоза и действие его на урожай культур в год внесения выше, чем подстилочного навоза, а последствие, наоборот, слабее. Фосфор и калий навоза используются растениями не хуже, чем из минеральных удобрений. Бесподстилочный навоз по эффективности не уступает подстилочному, полученному из такого же количества исходных экскрементов

Хранение бесподстилочного навоза. Бесподстилочный навоз в зависимости от почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условий хранят от 2 до 6 месяцев. Для его хранения необходимы прифермские и полевые хранилища. Емкость прифермских хранилищ закрытого типа должна быть равна 25—40% объема навоза, накапливаемого в течение 2—3 мес. Остальные 75—60% навоза хранятся в полевых навозохранилищах, представляющих собой открытые котлованы с пленочным покрытием дна и

откосов, размещаемых в центре удобряемых массивов. Потери азота в закрытых и открытых хранилищах примерно одинаковые. При хранении бесподстилочный навоз расслаивается. Сверху образуется плотный плавающий слой, внизу — осадок, а между ними — осветленная жидкость. Поэтому для надежной работы насосов, цистерн-разбрасывателей, дождевальных установок и равномерного внесения навоза необходимо его систематическое перемешивание для поддержания всей массы в однородном состоянии. Твердые частицы, содержащиеся в навозе перед поступлением его в хранилища, необходимо измельчать. При наличии трубопроводов всю массу жидкого навоза можно хранить в прифермских хранилищах и перекачивать в небольшие полевые емкости с гидрантами для непосредственной погрузки в цистерны-разбрасыватели или дождевальные установки. Прифермские хранилища проектируют объемом каждое не более 3—5 тыс. м³. Дно и стены емкостей должны быть хорошо гидроизолированы и устойчивы к агрессивному воздействию навоза, а дно иметь уклон к заборному устройству. Глубина и форма хранилища должны позволять забор навоза насосами и проведение его перемешивания. Закрытые емкости должны иметь вентиляцию, чтобы избежать накопления в них метана, сероводорода, аммиака и других вредных газов, образующих взрывоопасные смеси.

Потери органического вещества и азота при хранении бесподстилочного навоза значительно меньше, чем при хранении подстилочного навоза (табл. 28).

В бесподстилочном навозе не протекают процессы само-разогревания, его температура не повышается (зимой и весной она составляет около 10 °С, а летом 17 °С).

При перемешивании бесподстилочного навоза один раз в неделю потери органического вещества и азота за 4,5 мес

28. Потери органического вещества и азота (в %) при зимнем и летнем хранении навоза (по Васильеву)

| Навоз | Зимнее хранение | | Летнее хранение | |
|-----------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | органическое вещество | азот | органическое вещество | азот |
| Подстилочный | 31—34 | 36—40 | 35—40 | 35—37 |
| Бесподстилочный | 5—8 | 9—8 | 9—15 | 4—14 |

хранения увеличиваются почти вдвое, но и в этом случае они все же меньше, чем при хранении подстилочного навоза. Жидкий навоз перед использованием на удобрение должен подвергаться обеззараживанию на очистных сооружениях, термической обработкой, специальными химическими препаратами. Наиболее доступно обеззараживание способом метанового брожения, при котором не происходит потеря органического вещества и азота и одновременно получается горючий газ, который можно использовать как топливо.

Недопустимо использование жидкого навоза для подкормок или дождевания овощных и плодовых культур.

Применение бесподстилочного навоза. Для транспортировки и внесения бесподстилочного навоза на поверхность почвы применяют специальные цистерны-разбрасыватели. Транспортировка и внесение такого навоза могут осуществляться по следующим схемам.

1. Прифермское навозохранилище — цистерна — поле-вое навозохранилище — цистерна-разбрасыватель. Эта схема применяется при отсутствии трубопровода для перекачивания навоза из прифермского хранилища в полевое. Навоз выгружают из прифермского навозохранилища в цистерны-разбрасыватели, вывозят его в поле и разбрасывают с последующей заделкой в почву или заполняют полевые хранилища для хранения до внесения в почву.

2. Навозохранилище — трубопроводная сеть — дождевальная установка — поле. Эта схема используется при наличии трубопроводной сети и установки для дождевания, куда навоз перекачивается по трубопроводу насосами. Перед дождеванием жидкий навоз во вневегетационный период разбавляют водой в 2—3, а в период вегетации растений — в 8—10 раз.

3. Прифермское навозохранилище — трубопровод — поле-вое навозохранилище — цистерна-разбрасыватель — поле. В этом случае жидкий навоз транспортируют из прифермского хранилища в полевые по трубам с последующим внесением его цистернами-разбрасывателями. Третья схема позволяет значительно снизить транспортные затраты и повысить производительность труда.

Для снижения затрат на хранение, транспортировку и внесение жидкого навоза в условиях крупных животноводческих комплексов промышленного типа планируется круглогодное внесение бесподстилочного навоза на близлежащие поля (радиус вывозки до 4 км), прежде всего в кормо-

вых севооборотах и для удобрения культурных сенокосов и пастбищ. Недопустимо применение жидкого навоза зимой на затопляемых площадях и склонах, где возможен срыв его при весеннем снеготаянии.

Подкормку пастбищ жидким навозом проводят сразу же после стравливания или не позднее чем за 25—30 дней до очередного стравливания, чтобы не ухудшить поедаемость зеленого корма.

При отсутствии устройств для измельчения твердых включений, перемешивания и гомогенизации жидкого навоза его можно использовать после предварительного разделения на твердую и жидкую фракции. Жидкая фракция содержит 75—80% питательных веществ, имевшихся в навозе, и является хорошим удобрением. Жидкую фракцию хранят в навозохранилищах. Твердую фракцию, имеющую влажность 65—67% укладывают в штабеля и используют для удобрения так же, как и подстилочный навоз.

Примерные нормы внесения бесподстилочного навоза даны в таблице 29, установлены они на основе содержания азота.

Необходимо отметить, что чрезмерно высокие нормы жидкого навоза не дают больших прибавок урожая по сравнению с оптимальными нормами его внесения и могут оказывать отрицательное действие на качество растениеводческой продукции, увеличивать содержание нитратов в кормовых и овощных культурах выше допустимых количеств

НАВОЗНАЯ ЖИЖА

Навозная жижа — ценное быстродействующее азотно-калийное удобрение, содержит в среднем 0,2—0,3% N и 0,4—0,5% K_2O , фосфора в ней очень мало — 0,01%.

В зависимости от условий хранения содержание N и K_2O в навозной жиже может сильно колебаться: N от 0,02 до 0,8%, а K_2O от 0,1 до 1,2%.

Азот и калий в навозной жиже находятся в хорошо растворимой и легкодоступной для растений форме. Азот содержится главным образом в форме мочевины $CO(NH_2)_2$, которая под влиянием уробактерий быстро превращается в углекислый аммоний $(NH_4)_2CO_3$, а последний легко разлагается с образованием CO_2 , H_2O и NH_3 . При неправильном хранении жижи аммиак быстро улетучивается и удобрительная ценность ее резко снижается.

29. Примерные нормы, сроки внесения и способы заделки
бесподстильного навоза

| Сельскохозяйственная культура | Примерная годовая норма азота навоза, кг на 1 га | Время внесения | Способ заделки |
|--|--|---|--|
| Зерновые | 140 | Под основную обработку | Под плуг |
| Озимые на зерно | 100 | Весной для подкормки | Весеннее боронование |
| Картофель столовый | 120—180 | Осенью под зябь или весной под перепашку | Под плуг |
| Картофель фуражный | 240—280 | То же | То же |
| Сахарная свекла (фабричная) | 200—240 | Осенью под зябь или весной под предпосевную обработку | Под плуг или дисковый лущильник |
| Кормовая и сахарная свекла на корм скоту | 320—360 | То же | То же |
| Кукуруза на зеленый корм и силос | 240—320 | » | » |
| Многолетние злаковые и бобово-злаковые травосмеси на сено и зеленый корм | 240—320 | Зимой и после укосов | Боронование после укосов |
| Луга | 200—240* | То же | То же |
| Пастбища | 200—240 | По окончании вегетации или зимой до вегетации. После стравливания | Боронование в начале вегетации |
| Однолетние травы | 120—160 | Осенью под зябь, зимой или весной под предпосевную обработку | Под плуг, дисковый лущильник |
| Рожь на зеленый корм | 140 | Под вспашку или предпосевную обработку и для подкормки | Под плуг, дисковый лущильник, культиватор и весеннее боронование |

* Годовую норму вносят частями в 2—3 срока.

Навозную жижу необходимо хранить в плотно закрытом жижесборнике. Потери азота при этом уменьшаются, так как воздух в жижесборнике быстро насыщается CO_2 , образующимся при разложении мочи, и диссоциация $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ с образованием аммиака задерживается. Еще больше сокращаются потери азота, если поверхность жижи в жижесборнике покрыть тонким слоем нефти или отработанного масла.

Общее количество навозной жижи, получаемой за год от разных видов животных, зависит от продолжительности стойлового периода, количества и качества подстилки и кормов, устройства скотного двора и навозохранилища. От одной головы крупного рогатого скота за стойловый период (220—240 дней) накапливается в среднем 2—2,5 м³ жижи, такое же количество получается от трех голов молодняка крупного рогатого скота до двух лет и от 10—12 телят.

Навозную жижу можно вносить в основное удобрение и в подкормку, а также использовать для приготовления компостов с торфом.

Под зерновые культуры, картофель и корнеплоды в основное удобрение вносят на 1 га 15—20 т навозной жижи, под овощные — 20—30 т. Поскольку жижа почти не содержит фосфора, целесообразно вносить одновременно фосфорные удобрения.

Высокий эффект дает применение навозной жижи на лугах и для подкормки озимых, пропашных и овощных культур.

Ранневесеннюю подкормку озимых и подкормку лугов проводят перед их боронованием: на 1 га 4—5 т навозной жижи, разбавленной в 2—3 раза водой. В подкормку под пропашные и овощные культуры навозную жижу вносят в дозе 5—10 т на 1 га при помощи растениепитателей на глубину 10—15 см в середину междурядий.

При поверхностном внесении навозной жижи до посева или в подкормку ее необходимо немедленно заделать в почву, чтобы сократить потери азота. Задержка с заделкой на 2—4 дня снижает эффективность жижи на 30—50%.

В зимний период собранную навозную жижу лучше всего использовать для компостирования с торфом. При этом отпадает необходимость устройства больших жижесборников, резко сокращаются потери азота и хозяйство получает дополнительное количество ценных органических удобрений.

ПТИЧИЙ ПОМЕТ

Птичий помет — полное быстродействующее удобрение, содержащее азот, фосфор и калий в легкодоступной для растений форме (табл. 30).

30. Годовой выход и состав птичьего помета

| Виды птиц | Годовой выход, кг на 1 голову при содержании | | Состав помета, % на сырое вещество | | | |
|-----------|--|-----------|------------------------------------|-----|-------------------------------|------------------|
| | выгульном | клеточном | вода | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Куры | 6—8 | 50—70 | 55 | 1,6 | 1,5 | 0,8 |
| Утки | 8—10 | 100—170 | 70 | 0,8 | 1,0 | 0,3 |
| Гуси | 10—12 | 250—380 | 75 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |

Содержание азота, фосфора и калия в птичьем помете резко меняется в зависимости от количества и качества корма: чем более концентрированный корм получает птица, тем больше питательных веществ содержится в помете.

Азот в помете находится главным образом в форме мочевой кислоты, которая быстро разлагается с образованием аммиака. При неправильном хранении помета в результате улетучивания аммиака происходят большие потери азота, достигающие 50% и более за 1,5—2 мес. Для сохранения азота в помете лучше всего применять в птичниках сухую торфяную подстилку, которая поглощает выделяющийся из помета аммиак, или хранить его в смеси с торфом. Сырой помет смешивают с торфяной крошкой (на 4—5 частей помета 1 часть торфа), смесь подсушивают на воздухе и хранят под навесом.

При отсутствии торфа можно пересыпать помет сухой перегнойной землей или перепревшим навозом, а также добавить к нему 7—10% суперфосфата, который почти полностью связывает выделяющийся аммиак.

Хорошо сохраненный птичий помет — ценное удобрение, дающее высокие прибавки урожая сельскохозяйственных культур. Его можно применять под все культуры в качестве основного удобрения в норме 2—5 т на 1 га с заделкой под плуг, а также в меньших нормах в подкормку озимых или пропашных культур с заделкой соответственно бороной и культиватором при междурядных обработках.

Норма сырого помета в подкормки 8—10 ц на 1 га, для жидкой подкормки применяется вдвое меньшая норма сухого помета при разбавлении водой в 6—7 раз.

ТОРФЯНЫЕ КОМПОСТЫ

Торф — важный источник увеличения ресурсов органических удобрений в колхозах и совхозах. Наличие больших запасов торфа в нашей стране позволяет широко использовать его для приготовления различных компостов или в подстилку.

Торф образуется в результате неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности и недостаточного доступа воздуха. Торфяные болота в зависимости от условий образования и характера преобладающей растительности делят на три типа: верховые, низинные и переходные. Торф различных типов болот отличается по агрохимическим свойствам и качеству.

Верховые болота формируются в понижениях на водораздельных плато, они питаются в основном водами атмосферных осадков, преобладающая растительность — сфагновые мхи, при медленном разложении которых в анаэробных условиях образуются кислые продукты. Поэтому верховые торфа обычно низкосолевые, сильнокислые (табл. 31) с большим количеством органического вещества, но малой степенью его минерализации; обладают высокой поглощательной способностью — 1 кг сухого торфа может поглотить 8—15 л влаги. Верховой слаборазложившийся торф целесообразно использовать в качестве подстилочного материала и для приготовления компостов.

Низинные болота располагаются в понижениях рельефа на межводораздельных территориях, они питаются не

31. Агрохимическая характеристика различных видов торфа

| Тип торфа | рН солевой вытяжки | Содержание, % на абсолютно сухое вещество | |
|------------|--------------------|---|------|
| | | органического вещества | золы |
| Верховой | 2,8—3,6 | 98—95 | 2—5 |
| Переходный | 3,6—4,8 | 95—92 | 5—8 |
| Низинный | 4,8—5,8 | 92—85 | 8—15 |

| Тип торфа | Содержание, % на абсолютно сухое вещество | | | |
|------------|---|-------------------------------|------------------|---------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO |
| Верховой | 0,8—1,5 | 0,03—0,15 | Не более 0,1 | 0,2—0,5 |
| Переходный | 1,2—2,5 | 0,1—0,3 | Около 0,1 | 0,5—2 |
| Низинный | 2,5—3,5 | 0,2—0,5 | До 0,15 | 2—5 |

столько за счет осадков сколько за счет грунтовых и сточных вод, имеют более разнообразную травянистую и древесную растительность, с прилегающих склонов в болота смывается значительное количество минеральных почвенных частиц. Низинные торфа имеют повышенную зольность и меньшую, чем верховые торфа, кислотность. При подпитке грунтовыми водами, прошедшими через карбонатные породы, низинные торфа могут иметь близкую к нейтральной и даже щелочную реакцию. В них меньше органического вещества, но оно имеет большую степень разложения. Поглотительная способность низинных торфов меньше, чем верховых. Низинные торфа используют главным образом для компостирования.

Переходные торфа по своим свойствам занимают промежуточное положение между верховыми и низинными торфами. Они могут применяться для приготовления компостов, а также в подстилку животным.

Все торфа богаты органическим веществом и, следовательно, азотом, но бедны калием. Высокозольные низинные торфа могут содержать значительные количества кальция и фосфора.

Для приготовления компостов можно использовать низинные, переходные, а также более разложившиеся верховые торфа. Большая часть содержащегося в торфе азота находится в малодоступной органической форме и только 2—3% в минеральной — аммонийной и нитратной форме.

Органическое вещество торфа очень устойчиво к микробиологическому разложению, минерализация органических соединений азота происходит очень медленно. Многие виды торфа имеют кислую реакцию, что также затрудняет разложение их в почве. Микроорганизмов в торфе очень мало вследствие кислой реакции, недостатка растворимых форм азота и легкодоступных органических веществ. Поэтому использование на удобрение чистого торфа малоэф-

фективно и в большинстве случаев не оправдано с экономической точки зрения.* Эффективность торфа повышается при компостировании с биологически активными органическими удобрениями — навозом, навозной жижей, фекалиями — или с минеральными удобрениями — фосфоритной мукой, известью, золой и др.

Торфонавозные компосты. При компостировании с навозом торф обогащается микроорганизмами, снижается его кислотность, в компосте усиливается микробиологическая деятельность, интенсивнее происходит разложение органического вещества и увеличивается количество доступного растениям азота. Торф благодаря высокой поглотительной способности полностью связывает аммиак, образующийся при разложении органического вещества, потери азота из навоза резко уменьшаются. Хорошо приготовленный торфонавозный компост не уступает по эффективности навозу.

Действие компоста еще более повышается при добавлении к нему 2—3% фосфоритной муки, а при использовании кислого торфа — 1—2% извести. Для компостирования с навозом необходимо использовать проветренный торф с влажностью 60—65%. Чем выше степень разложения торфа, тем больше можно брать для приготовления компоста торфа и меньше навоза. При закладке компоста зимой на одну часть навоза берут 1 часть торфа, а при весенне-летней закладке — 2—3 части. Качество компоста лучше при более узком соотношении между торфом и навозом.

Торфонавозные компосты следует готовить в поле на месте их применения, вблизи животноводческих ферм или в навозохранилище.

При послойном способе компостирования торф и навоз поочередно укладывают в штабель шириной не менее 3 м и высотой 2 м (длина произвольная). Толщина слоев торфа и навоза зависит от соотношения их в компосте. Штабель завершают слоем торфа.

При зимней закладке лучше использовать очаговый способ компостирования. На торфяную подушку выгружают в два ряда навоз кучами в шахматном порядке (примерно с расстоянием 1 м). Промежутки между кучами навоза засыпают торфом и смесь укладывают с помощью бульдозера в бурты.

* Непосредственно в чистом виде допустимо использовать только вблизи мест заготовки сильноразложившийся высокозольный низинный торф с нейтральной реакцией и торф, богатый известью (торфотуф) или фосфором (вивианитовый торф).

Летом компостирование можно проводить площадочным способом (на торфяную подушку слоем 25—30 см сгружают и равномерно распределяют навоз в необходимом количестве, затем за 2—3 прохода тяжелой дисковой бороны смесь перемешивается и сгребается бульдозером в штабеля, укрываемые слоем торфа).

Уплотнение компоста в буртах и штабелях не проводят.

В зависимости от степени разложения торфа такие компосты созревают за 4—6 мес.

Торфожижевые компосты. Накапливающуюся в хозяйстве навозную жижу целесообразнее всего использовать для компостирования с торфом; при этом резко сокращаются потери азота из навозной жижи и повышается удобрительное качество торфа. Для компостирования с навозной жижей можно использовать все виды торфа, кроме известковых. На 1 т проветренного торфа в зависимости от его влажности берется от 0,5 до 1 т навозной жижи.

Торф укладывается в два сплошных смежных вала так, чтобы между ними образовалось корытовидное углубление, (толщина торфа в местах соприкосновения валов и с торцов 40—50 см), в которое заливается жижа. После впитывания жижи всю массу бульдозером сгребают в штабеля, которые не уплотняют.

Аналогично можно заготовить компосты из торфа и жидкого навоза (соотношение между торфом и навозом 1 : 1 или 2 : 1).

При хранении компоста в нем энергично протекают процессы нитрификации аммиака, а образующиеся нитраты подвергаются денитрификации с образованием молекулярного азота. Поэтому при длительном хранении компоста возможны значительные потери азота. Чтобы затормозить процессы нитрификации, динитрификации и уменьшить потери азота, рекомендуется добавлять в компосты 0,5—1% хлористых калийных солей, так как хлор подавляет процесс нитрификации. Для обогащения компоста фосфором рекомендуется при компостировании добавлять фосфоритную муку (20—30 кг на 1 т компоста).

Торфожижевые компосты можно вносить через 1—1,5 мес после закладки. По эффективности они не уступают навозу.

Хорошо разложившийся торф, смешанный с навозной жижей или жидким навозом, можно сразу вносить в почву без компостирования

Торфофекальные компосты. Фекалии содержат азота

больше, чем навоз. В 1 т фекалий содержится до 8—10 кг N, 2—4 кг P_2O_5 и 2—3 кг K_2O . Азот в них находится преимущественно в форме аммиака и мочевины, которая разлагается с образованием аммиака, а последний легко улетучивается. При внесении фекалий в чистом виде происходят большие потери азота, а неравномерное распределение фекалий по полю создает большие колебания урожая. Кроме того, при внесении их в чистом виде возможно заражение глистными и другими болезнями.

При компостировании торфа с фекалиями обеспечивается наиболее рациональное использование на удобрение как торфа, так и фекалий. При этом фекалии обеззараживаются, резко уменьшаются потери азота, усиливается переход азота и других питательных веществ, содержащихся в торфе, в усвояемую форму. Смешивать с фекалиями можно все виды торфа.

Приготовление и использование торфяных компостов требует значительных трудовых и денежных затрат. В настоящее время технология производства торфонавозных и других компостов переводится на промышленную основу, что позволит значительно снизить себестоимость этих удобрений. Только в колхозах и совхозах РСФСР до 1990 г. планируется построить 270 цехов и 800 площадок для производства торфокомпостов при полной механизации всех процессов.

ЗЕЛЕНое УДОБРЕНИЕ

Зеленым удобрением, или сидерацией, называется выращивание в поле некоторых бобовых растений (сидератов) и запашка их зеленой массы в почву для обогащения ее азотом и органическим веществом. В качестве сидератов используются однолетние и многолетние люпины, сераделла, донник, озимая вика, озимый горох, пелюшка, чина и др.

Бобовые растения с помощью клубеньковых бактерий, развивающихся на их корнях, способны фиксировать азот воздуха и обогащать почву связанными соединениями азота. При выращивании бобовых сидератов на 1 га образуется до 40—50 т зеленой массы, содержащей до 150—200 кг азота. По содержанию азота 1 т зеленого удобрения равноценна 1 т навоза (табл. 32).

После запашки в почву и минерализации зеленой массы сидератов азот, связанный в форме органических соединений, переходит в минеральную форму и используется по-

32. Состав навоза и зеленого удобрения

| Удобрения | Содержание питательных элементов, кг на 1 т | | | |
|-----------------------|--|-------------------------------|------------------|-----|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO |
| Навоз смешанный | 5,0 | 2,4 | 5,5 | 7,0 |
| Зеленая масса люпина | 4,5 | 1,0 | 1,7 | 4,7 |
| Зеленая масса донника | 7,7 | 0,5 | 1,9 | 9,7 |

следующими растениями, причем коэффициент использования азота зеленого удобрения в первый год почти вдвое выше, чем азота навоза. Кроме того, бобовые сидераты, обладая хорошо развитой и глубоко проникающей в почву корневой системой, извлекают питательные элементы из нижних горизонтов почвы, а также усваивают фосфор и другие питательные вещества из труднорастворимых соединений. Поэтому при разложении запаханной растительной массы пахотный слой почвы обогащается не только органическим веществом и усвояемыми соединениями азота, но также фосфором, калием и кальцием. Под влиянием зеленого удобрения увеличивается содержание гумуса в почве, усиливается микробиологическая деятельность, повышаются влагоемкость, поглотительная способность почвы, улучшается ее структура. В результате значительно повышается плодородие почв и урожай последующих культур (табл. 33).

33. Влияние зеленого удобрения на урожай сельскохозяйственных культур (в ц на 1 га) на бедной песчаной почве (данные многолетнего опыта бывш. Новозыбковской опытной станции)

| Удобрения | Прямое действие | | Последствие | Суммарный урожай за севооборот, % |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------------|
| | рожь (за 23 года) | картофель (за 21 год) | овес (за 19 лет) | |
| Без удобрения | 5,8 | 130,8 | 7,8 | 100 |
| Люпиновое зеленое удобрение | 11,2 | 184,7 | 9,7 | 145 |

Эффективность и продолжительность действия зеленого удобрения тем выше, чем больше зеленой массы запахивается в почву.

Для получения хорошего урожая зеленой массы бобовых сидератов, повышения фиксации азота воздуха клубеньковыми бактериями и накопления его в почве необходимы известкование кислых почв, внесение фосфорных и калийных удобрений (по 45—50 кг д. в. на 1 га) и обработка семян нитрагином для заражения клубеньковыми бактериями.

Нитрагин — препарат, содержащий клубеньковые бактерии, которые, развиваясь на корнях бобовых растений, усваивают азот из воздуха. В почве клубеньковых бактерий часто бывает очень мало или они вовсе отсутствуют, поэтому необходимо искусственное заражение бобовых культур этими бактериями. Для разных групп бобовых культур изготавливают различные виды нитрагина со специфическими расами бактерий. Заводской нитрагин выпускают в бутылках или банках по 0,5 кг (норма внесения на 1 га). Вносят нитрагин вместе с семенами бобовых культур. В день посева содержание банки с нитрагином разводят в таком количестве воды, которое достаточно для смачивания гектарной нормы семян. Семена смачивают разведенным нитрагином, тщательно перемешивают и после подсушивания (обязательно в тени) высевают.

Успешное использование сидератов возможно во многих районах страны, однако наибольшее значение зеленое удобрение имеет на дерново-подзолистых, серых лесных и особенно на легких песчаных почвах Нечерноземной зоны. Основные сидераты в этой зоне — однолетние люпины (как алкалоидные, так и безалкалоидные), сераделла, многолетний люпин (в северных районах), а также донник (на почвах с высоким содержанием кальция или сильно произвесткованных). Большое значение имеет применение зеленого удобрения в орошаемых районах, в районах влажных субтропиков, на Дальнем Востоке, в Сибири и других районах.

Наиболее распространенные сидераты — люпины; они хорошо произрастают и способны давать большую зеленую массу как на самых бедных песчаных, так и на более тяжелых суглинистых почвах.

Однако люпины не переносят высокого содержания в почве кальция и поэтому непригодны для карбонатных черноземов и сероземов; на этих почвах используют другие

сидераты: озимый горох, коровий горох, озимую вику, донник, чину и др.

Люпины и другие сидераты могут быть использованы на зеленое удобрение в виде самостоятельной культуры (выращиваются как парозанимающая культура, т. е. занимают поле с весны и запахиваются во второй половине лета), в виде промежуточной подсевной или пожнивной культуры (выращиваются в промежутке между уборкой одной культуры и посевом другой), а также в виде укосной массы, выращенной на другом участке в течение ряда лет (многолетний люпин).

Большое хозяйственное значение имеет посев кормовых (безалкалоидных) желтых люпинов в занятых парах с последующим двусторонним их использованием: зеленую массу скашивают на корм, а стерневые остатки (или отросшую отаву) запахивают на удобрение.

Зеленое удобрение, как весьма эффективное и дешевое местное удобрение, имеет особенно большое значение для повышения плодородия малокультуренных почв при недостатке навоза и других органических удобрений в хозяйстве или при необходимости перевозки его на дальние поля.

СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

Высокая эффективность удобрений обеспечивается только при условии применения их в определенной научно обоснованной системе с учетом конкретных почвенных и климатических условий, особенностей питания отдельных культур и чередования их в севообороте, агротехники, свойств удобрений и многих других факторов.

Под системой удобрений в хозяйстве понимается комплекс агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий по наиболее рациональному, плановому применению удобрений в целях повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы. Система удобрения в хозяйстве является, по существу, составной частью системы земледелия.

Основными звеньями при разработке системы удобрения в хозяйстве являются:

анализ результатов и перспектив хозяйственной деятельности сельскохозяйственного предприятия (производственная специализация, плановые задания государства по выходу товарной продукции, план урожайности по культурам, структура сельскохозяйственных угодий и посевных площадей, севообороты и т. д.);

оценка климатических и почвенных условий, уровня потенциального и актуального плодородия почв хозяйства по данным почвенно-агрохимического обследования. Агроэкономический анализ итогов предшествующего использования удобрений в хозяйстве при сложившейся системе земледелия и уровне агротехники, оценка состояния и перспектив развития материально-технической базы химизации, организационная форма агрохимического обслуживания, осуществление химической мелиорации почв (известкование или гипсование);

планирование мероприятий по максимальному накоплению навоза, заготовке торфа, различных компостов и

других органических удобрений, правильному их хранению и использованию;

определение потребности в минеральных удобрениях (включая микроудобрения) исходя из реального и перспективного уровня их поставки для экономического района расположения хозяйства, планируемого производства сельскохозяйственной продукции, экономических возможностей хозяйства;

обеспечение своевременной доставки удобрений, правильного их хранения, комплексной механизации всех работ по подготовке и внесению удобрений;

тесная увязка всех мероприятий по применению удобрений с общим организационно-хозяйственным планом колхоза и совхоза.

Система удобрения в хозяйстве представляет собой генеральную схему организационно-хозяйственных мероприятий на пятилетку (в соответствии с планами развития народного хозяйства), которая конкретизируется в системе удобрения в севооборотах и в годовых планах применения удобрений.

Система удобрения в севообороте — это многолетний план применения удобрений в севообороте с учетом плодородия почвы, биологических особенностей растений, состава и свойств удобрений, составляемый на полную ротацию каждого севооборота хозяйства. При его разработке необходимо определить правильное соотношение между отдельными видами и формами удобрения, установить оптимальные нормы и способы применения органических и минеральных удобрений в зависимости от особенностей питания растений и их чередования в севообороте, почвенно-климатических и других условий.

Системой удобрения должна решаться задача получения максимально возможной продуктивности севооборота, высоких и устойчивых урожаев всех культур, рационального использования плодородия почвы и его повышения при наиболее агрономически и экономически выгодном применении удобрений.

Поскольку система удобрения в хозяйстве и севообороте рассчитана на длительный период и учитывает только общий уровень плодородия почвы на всей площади севооборота, ежегодно составляются годовые планы применения удобрений. В них устанавливаются нормы (уточненные согласно данным последнего агрохимического обследования почв для каждого отдельного обрабатываемого участка), фор-

мы, сроки и способы внесения удобрений под отдельные культуры севооборотов. При необходимости вносятся коррективы вследствие возможного изменения чередования культур, уровня урожая в годам и прогноза погодных условий. Годовые планы служат документальной основой для практического осуществления всех работ по применению органических и минеральных удобрений.

Согласно годовому плану, рассчитывают потребность в удобрениях по срокам применения, разрабатывают технологию их внесения и принимают организационные решения.

При разработке системы удобрения в севообороте необходимо учесть все многообразие природных, агротехнических, организационно-экономических и других условий, от которых зависит эффективность удобрений.

Почвенно-климатические условия и применение удобрений

Существующие географические изменения в почвенном покрове и климатических условиях нашей страны предопределяют различия в эффективности применения удобрений по почвенно-климатическим зонам. Действие полного минерального удобрения и навоза на урожай сельскохозяйственных культур уменьшается с северо-запада на юго-восток в европейской части страны и с востока на запад — в азиатской ее части. Это в первую очередь связано с изменениями в уровне потенциального плодородия почв и влагообеспеченности. По характеру увлажнения лугово-лесная зона (дерново-подзолистые почвы) — влажная, лесостепная (серые лесные, оподзоленные, выщелоченные и типичные черноземы) — полувлажная, степная (обыкновенные и южные черноземы) — полусухливая, сухостепная (темно-каштановые и каштановые почвы) — засушливая, полупустынная и пустынная (светло-каштановые, бурые и сероземные почвы) — очень засушливая. За исключением небольшой зоны влажных субтропиков (желтоземные и красноземные почвы) только лесолуговая и лесостепная зоны страны имеют благоприятные условия обеспеченности теплом и влагой для большинства полевых сельскохозяйственных культур. В остальных регионах появляется либо дефицит тепла при недостаточной длительности вегетационного периода (северные районы, Сибирь, либо недостаток влаги (южные и юго-восточные районы).

Наиболее высокое и стабильное действие удобрений на урожай наблюдается при достаточном естественном увлажнении и при орошении. В этих условиях применяются более высокие нормы удобрений. При недостатке влаги эффективность минеральных и органических удобрений снижается.

Азотные удобрения играют ведущую роль в повышении урожая на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах в лугово-лесной и лесостепной зонах, а также не менее гумусированных почвах южных зон страны, особенно при орошении.

Фосфорные удобрения наиболее эффективны на черноземных и темно-каштановых почвах, обладают высоким действием на урожай при внесении азотных удобрений и на других почвах.

Калийные удобрения имеют решающее значение на торфяных и бедных калием минеральных почвах легкого механического состава. На более богатых калием каштановых почвах и сероземах калийные удобрения эффективны только на фоне азотных и фосфорных удобрений.

При внесении удобрений растения более экономно и продуктивно используют влагу, сглаживается отрицательное действие засухи. Орошение обеспечивает лучшие условия для усвоения растениями питательных веществ удобрений и почвы.

Для повышения эффективности удобрений в засушливых южных и юго-восточных районах страны необходимо принимать все меры для максимального накопления и сохранения влаги в почве: снегозадержание, соответствующие приемы обработки почвы и ухода за растениями и т. д. Здесь особенно важно вносить фосфорно-калийные удобрения с осени под глубокую обработку, чтобы они размещались в более влажном, менее пересыхающем слое почвы. При мелкой заделке эффективность удобрений в засушливых районах (или в засушливые годы в районах с достаточной влагообеспеченностью) снижается особенно резко, а внесение удобрений в подкормку тем более дает незначительный эффект. В районах с большим количеством осадков в осенне-зимний период легкорастворимые азотные (а на легких почвах и калийные) удобрения во избежание вымывания питательных веществ лучше вносить перед посевом весной, а иногда и в подкормки.

При выборе видов и форм удобрений, установлении норм и способов их внесения обязательно учитывают со-

держание подвижных питательных веществ в почвах, их механический состав, поглонительную способность, реакцию и буферность, смывость и эродированность.

На кислых дерново-подзолистых почвах, бедных органическим веществом и элементами питания, необходимы известкование и высокие нормы органических и минеральных удобрений, особенно азотных. Засоленные почвы с высокой долей натрия среди поглощенных катионов необходимо гипсовать.

Лучший эффект на кислых дерново-подзолистых почвах могут давать физиологически щелочные азотные удобрения и щелочные формы фосфорных туков, здесь могут с успехом применяться труднорастворимые формы фосфорных удобрений. На почвах с нейтральной и щелочной реакцией эффективны физиологически кислые азотные удобрения, а применение труднорастворимых фосфорных удобрений нецелесообразно.

Существенное значение для передвижения питательных веществ удобрений, их поглощения и закрепления в почве имеет механический состав почвы. Легкие почвы отличаются не только меньшим потенциальным плодородием, но и низкой поглонительной и буферной способностью. Это должно учитываться при определении норм и формы удобрений, срока внесения и способа их заделки.

На песчаных и супесчаных подзолистых почвах из калийных удобрений особенно эффективны калийно-магnezийные соли, из азотных целесообразно применять аммонийные (в нейтрализованной форме) удобрения, азот которых меньше подвергается вымыванию из почвы.

Для правильного дифференцированного применения удобрений важное значение имеет почвенно-агрохимическое обследование с целью определения реакции почвы и содержания в ней подвижных форм питательных веществ, в том числе микроэлементов.

Результаты агрохимического обследования выявили существенные различия в уровне обеспеченности почв нашей страны подвижными формами элементов питания. Значительно различаются по уровню плодородия и содержанию подвижных питательных веществ и почвы отдельных полей хозяйств.

Как уже указывалось, при разработке системы удобрения используются средневзвешенные показатели обеспеченности почв полей севооборота, а различия в содержании подвижных форм элементов питания по каждому обраба-

тываемому участку учитываются при составлении годовых планов применения удобрений. Важно также учитывать общую окультуренность почвы и степень предшествующей удобренности поля. На достаточно окультуренных и ранее хорошо удобрявшихся почвах нормы органических и минеральных удобрений могут быть снижены.

Особенности питания отдельных культур и агротехнические условия

При построении системы применения удобрений должны учитываться особенности питания и агротехника культур севооборота.

Сельскохозяйственные растения различаются общей величиной потребления элементов питания на формирование урожая, темпами их поглощения на протяжении неодинакового по длительности периода вегетации, а также по соотношению в размерах усвоения основных элементов — азота, фосфора и калия.

Для культур, более требовательных к элементам питания (сахарная свекла, кукуруза, картофель и др.), при прочих равных условиях необходимы более высокие нормы удобрений. Разные сорта одной и той же культуры могут сильно различаться по требовательности к пищевому режиму и отзывчивости на внесение удобрений. Скороспелые сорта характеризуются более коротким периодом поглощения питательных веществ и более требовательны к условиям питания, чем позднеспелые сорта.

Применение удобрений должно обеспечивать наилучшие условия питания растений в течение всего периода вегетации в соответствии с их потребностью.

При разработке системы применения удобрений, определении норм, сроков и способов применения удобрений должны быть учтены различия в чувствительности отдельных культур (особенно в молодом возрасте) к концентрации питательных веществ в почвенном растворе, в усваиваемой способности корневой системы и характере ее развития (мощности, глубине проникновения и т. д.), в требовательности к реакции среды.

Особое значение имеет правильное соотношение между применяемыми нормами азотных, фосфорных и калийных удобрений. Избыточное одностороннее питание азотом, например, может вызвать усиленный продолжительный рост

ботвы у корне- и клубнеплодов, задержать формирование товарной части урожая и снизить его качество, а у зерновых культур и льна — привести к полеганию. Для ускорения созревания культур важное значение имеет повышенный уровень фосфорного питания. Система удобрения должна обеспечивать не только высокие и устойчивые урожаи культур, но и сохранение и повышение качества получаемой сельскохозяйственной продукции.

Для построения правильной системы удобрения в севообороте необходимо учитывать также агротехническое и народнохозяйственное значение различных культур. В каждом севообороте есть ведущая культура, имеющая наибольшее значение при выполнении плановых заданий. В Нечерноземной зоне очень важная техническая культура — лен, на Украине — сахарная свекла и озимые зерновые, в республиках Средней Азии — хлопчатник, на Северном Кавказе и в Поволжье — зерновые культуры, в хозяйствах животноводческого направления — кормовые культуры (кукуруза, корнеплоды и др.), в пригородных хозяйствах — картофель, овощные и т. д. Ведущие культуры севооборота должны получать удобрения в первую очередь и в больших количествах. Кроме того, такие культуры, как хлопчатник, сахарная свекла, картофель, кукуруза, не только потребляют значительно больше питательных веществ, но и лучше оплачивают удобрения дополнительной прибавкой урожая. Для севооборотов с большим удельным весом технических, овощных и кормовых культур необходимо предусматривать более высокую обеспеченность органическими и минеральными удобрениями.

Система применения удобрений должна обеспечивать повышение урожаев не только ведущих, но и всех других культур севооборота (путем непосредственного внесения под них удобрений или использования ими последствий удобрений, внесенных под ведущие культуры). Продолжительность и последствие зависят от вида и состава удобрений. Навоз и фосфорные удобрения (особенно фосфоритная мука) оказывают положительное действие на урожай сельскохозяйственных культур в течение ряда лет, последствие азотных и калийных удобрений незначительно.

При построении системы удобрения необходимо учитывать также порядок чередования культур, характер предшественника и его урожай. Само по себе чередование культур обеспечивает получение более высокого урожая по сравнению с монокультурой. Кроме того, в севообороте

облегчается борьба с болезнями, вредителями и сорной растительностью.

Правильное чередование культур обеспечивает более продуктивное использование питательных веществ почвы и повышение эффективности минеральных и органических удобрений.

Удобрение отдельных культур севооборота зависит от предшественника и его урожая, а также количества корневых и пожнивных остатков и содержания в них элементов питания.

В зависимости от состава возделываемых культур и чередования их в севообороте неодинаково решаются вопросы известкования (норма и место внесения извести) и применения удобрений. Так, при высокой насыщенности севооборота картофелем, корнеплодами, силосными и другими калиелюбивыми культурами возрастает потребность в калийных удобрениях и повышается их эффективность. Эффективность фосфоритной муки значительно увеличивается на легких дерново-подзолистых почвах в севооборотах с люпином, обладающим лучшей способностью усваивать фосфор из труднорастворимых соединений. После пропашных культур (которые при хорошем уходе оставляют поля чистыми от сорняков и в то же время потребляют очень большое количество питательных веществ из почвы и поздно убираются) эффективность удобрений и потребность в них последующих культур повышаются. Это особенно ощутимо, если урожаи предшественников были высокими, а удобрения под них вносили в умеренных количествах. Под культуры, идущие после хорошо удобренных предшественников, нормы удобрений можно уменьшить. После многолетних бобовых трав и зернобобовых, обогащающих почву азотом, но потребляющих много фосфора и калия, необходимость в азотных удобрениях уменьшается, а действие фосфорных и калийных удобрений усиливается.

Система удобрения разрабатывается и осуществляется в тесной взаимосвязи со всем комплексом агротехнических приемов по возделыванию сельскохозяйственных культур, входящих в состав севооборота. Особенности агротехники и способ посева отдельных культур также оказывают влияние на сроки и способы внесения удобрений. В условиях индустриальной технологии возделывания культур возрастает роль основного (допосевного) удобрения.

Высокая агротехника (начиная с обработки почвы, подготовки кондиционного посевного материала, посева и ух-

да за культурой и т. д.) — необходимое условие эффективного использования растениями элементов питания из почвы и применяемых удобрений. Нарушение установленных агротехнических требований (некачественная или несвоевременная обработка почвы, низкое качество посевного материала, засоренность посевов и т. д.) резко снижает эффективность удобрений. При высокой культуре земледелия эффективность удобрений возрастает.

Таким образом, распределение удобрений по полям севооборота во многом зависит от народнохозяйственного и агротехнического значения каждой культуры, места ее в севообороте, характера предшественников, применяемой агротехники и степени удобренности отдельных полей.

Сочетание применения навоза и минеральных удобрений

При размещении удобрений в полях севооборота важно правильно сочетать применение органических и минеральных удобрений. Д. Н. Прянишников писал, что совместное внесение навоза и минеральных удобрений «...позволяет обильно снабдить растения усвояемой пищей в первых стадиях развития и дать в то же время в виде навоза резерв постоянно приходящих в действие питательных веществ», т. е. обеспечивает наилучшие условия питания растений в течение всего вегетационного периода. Кроме того, при внесении органических удобрений вместе с минеральными ослабляется отрицательное влияние физиологической кислотности и повышенной концентрации питательных веществ, особенно заметное при внесении высоких норм минеральных удобрений. Опыты показывают, что при совместном внесении половинных норм навоза и минеральных удобрений, как правило, получают более высокие прибавки урожая, чем при раздельном внесении полной нормы каждого из этих удобрений. Особенно эффективно совместное внесение навоза и минеральных удобрений на песчаных и супесчаных почвах, слабокультуренных суглинистых дерново-подзолистых серых лесных почвах и выщелоченных черноземах.

Органических удобрений в хозяйстве обычно бывает недостаточно для всех полей севооборотов. Поэтому их прежде всего необходимо вносить совместно с минеральными удобрениями под овощные культуры, картофель, кормовые корнеплоды, силосные культуры, а из зерновых — в пер-

вую очередь под озимые культуры. Пропашные культуры дают более высокие прибавки урожая на каждую тонну внесенного навоза. Навоз, внесенный под пропашные и озимые, будет оказывать последствие на все остальные культуры севооборота, под которые непосредственно вносятся только минеральные удобрения. При наличии в хозяйстве специализированных прифермских и овощных севооборотов их обеспечивают органическими удобрениями в первую очередь и в больших количествах.

Средние нормы навоза в Нечерноземной зоне обычно 30—40 т на 1 га (в кормовых и овощных севооборотах до 60—80 т на 1 га), а в южных районах 20—30 т на 1 га.

К навозу на всех почвах, в том числе на черноземах, в первую очередь необходимо добавлять азотные удобрения. На дерново-подзолистых суглинистых почвах наряду с азотными на фоне навоза эффективны фосфорные, а на супесчаных — калийные удобрения.

Комбинированная система удобрения, при которой сочетается применение органических и минеральных удобрений, является наиболее распространенной. В связи с созданием крупных животноводческих комплексов большое внимание уделяется разработке системы удобрения в кормовых севооборотах с максимальным насыщением бесподстилочным навозом, которая, однако, обязательно должна включать коррективу соотношения питательных веществ с помощью минеральных удобрений.

В то же время значительная удаленность полей отдельных севооборотов от ферм или ограниченное количество органических удобрений в хозяйстве обуславливает существование безнавозной системы удобрения, основанной на применении только минеральных туков. В этом случае для пополнения запаса органического вещества в почве целесообразны посев промежуточных культур на зеленое удобрение и заплата соломы.

Планирование применения и установление норм минеральных удобрений

Рациональное применение органических и минеральных удобрений в производственных условиях может успешно осуществляться лишь с учетом многих факторов, влияющих на эффективность удобрений. В связи с этим разработана оптимальная система удобрения в хозяйствах представляет значительные трудности.



Рис. 8. График зависимости урожая от обеспеченности питательными веществами при прочих неизменных факторах роста.

Один из наиболее важных и сложных вопросов при разработке системы удобрений в хозяйстве и севообороте — установление нормы удобрений.

Зависимость между урожайностью и нормами удобрений. Зависимость урожая сельскохозяйственных культур от возрастающих норм отдельных видов минеральных удобрений и их сочетаний определяется экспериментально в вегетационных и полевых опытах для решения научных

и практических целей. По реакции растений на внесение элементов питания определяют закономерности формирования урожая и потребность в удобрениях. Урожай при этом является функцией питательных веществ и изучаемых факторов роста. Формирование урожая в полевых условиях определяется не только уровнем минерального питания, но и зависит от совокупного действия погодных факторов, агрохимических и физических свойств почвы, ее эродированности, видовых и сортовых особенностей возделываемой культуры, применения органических удобрений и мелиорирующих веществ, предшественника и его удобренности и многих других условий.

Урожай сельскохозяйственных культур возрастает в прямой зависимости от увеличения нормы минеральных удобрений лишь до определенного уровня, при котором достигается наибольшая оплата единицы питательного вещества удобрения получаемой продукцией. В этом интервале норм урожайность от дополнительного внесения удобрений растет как с единицы площади, так и в расчете на единицу удобрения (рис. 8).

Дальнейшее повышение нормы удобрений сопровождается увеличением урожая с единицы площади, но величина прибавок урожая от возрастающих норм и окупаемость единицы удобрения продукцией постепенно снижаются. После достижения максимальной урожайности с единицы площади дальнейшее увеличение норм удобрений вообще нецелесообразно. Повышение нормы удобрений экономически оправданно, пока стоимость прибавки урожая окупает

издержки, связанные с применением дополнительного количества удобрений.*

Количественная зависимость между урожаем и нормами минеральных удобрений, полученная в опытах, может быть представлена математическими уравнениями (производственными функциями)**. По этим функциям урожая можно определить окупаемость единицы удобрения прибавкой урожая, потребное количество удобрений для получения единицы урожая для любой точки кривой, оптимальную и максимальную норму удобрений и т. д.

Для решения этих вопросов экспериментальным путем потребовалось бы проведение полевых опытов по громоздким схемам с дробными нормами удобрений и их сочетаниями, что весьма сложно и требует огромных затрат труда и средств.

Следовательно, на основании производственных функций можно решать важные практические задачи по планированию применения удобрений и определению их норм на заданный урожай. При этом в зависимости от целевого назначения производственные функции могут характеризовать зависимость урожая от норм удобрений с учетом того или иного числа факторов, имеющих количественную оценку.

Наиболее детально производственные функции должны разрабатываться с целью определения оптимальных норм удобрений и потребности в них на планируемую урожайность на уровне хозяйства — применительно к конкретным почвенно-климатическим и другим условиям.

По мере укрупнения уровня планирования число независимых переменных факторов может сокращаться. Так, например, при использовании производственных функций для оптимального распределения удобрений на уровне союзных республик и экономических районов достаточно для каждой культуры по данным полевых опытов вывести

* Предел увеличения нормы удобрений может ограничиваться также показателями качества урожая или диктоваться заботой об охране окружающей среды.

** Для установления количественной зависимости между урожайностью и нормами удобрений, например, с успехом может использоваться уравнение со степенями 0,5 и 1 для факторов и 0,5 для парных взаимодействий. При внесении трех видов удобрений (N, P и K) общий вид такой функции выражается следующим полиномом: $Y = a_0 + a_1 N^{0,5} + a_2 N + a_3 P^{0,5} + a_4 P + a_5 K^{0,5} + a_6 K + a_7 (NP)^{0,5} + a_8 (NK)^{0,5} + a_9 (PK)^{0,5}$, где Y — урожай, N, P, K — питательные вещества, a_0 — свободный член, $a_1 - a_9$ — коэффициенты регрессии,

уравнения, характеризующие зависимость урожая от норм удобрений по основным типам, подтипам и разновидностям почв соответствующих регионов.

Очевидно, что для повышения надежности параметров уравнения полевые опыты с удобрениями должны быть массовыми, проводимыми по единым схемам и методикам, а число их — достаточно большим.

При разработке системы удобрения наиболее рациональная норма минеральных удобрений должна устанавливаться в зависимости от уровня химизации. При ограниченной обеспеченности удобрениями предпочтительнее норма, позволяющая получить наивысшую оплату единицы удобрения. При полном удовлетворении потребности в удобрениях основной целью должны быть получение максимально возможного выхода продукции с единицы площади, сохранение и повышение плодородия почвы.

Исключительно важное значение имеет экономическая сторона вопроса. Поэтому при выборе норм удобрений необходима тщательная агроэкономическая оценка результатов полевых опытов, в том числе с использованием экономико-математических методов. При ограниченных фондах удобрений оптимальной нормой будет та, которая обеспечивает наибольшую урожайность с гектара при максимальном чистом доходе от удобрений, а при обеспечении удобрениями по потребности — позволяющая получать наибольший выход сельскохозяйственной продукции при самокупаемости (или запланированном уровне окупаемости) удобрений.

Основой для планирования применения удобрений, установления оптимальных норм и соотношения питательных веществ удобрений под сельскохозяйственные культуры являются результаты полевых опытов. Полевые опыты с удобрениями проводятся в различных почвенно-климатических зонах страны по единым схемам опытными станциями и научно-исследовательскими сельскохозяйственными институтами, зональными агрохимическими лабораториями.

На основании обобщения итогов географических полевых опытов выявляется существующая зависимость эффективности удобрений от почвенно-климатических условий, агротехники и других факторов, разрабатываются рекомендации по применению минеральных удобрений.

Результаты работы географической сети полевых опытов позволяют выявить основные закономерности в действии удобрений: установить размеры средних устойчивых при-

бавок урожая сельскохозяйственных культур от внесения различных норм отдельных видов удобрений и их сочетаний; определить оптимальные нормы и соотношения основных элементов питания для получения максимальной агрономической и экономической эффективности удобрений; установить потребность в удобрениях по природно-экономическим районам и областям страны, планировать их производство и распределение в государственном масштабе.

Распределение минеральных удобрений по природно-экономическим районам и по сельскохозяйственным культурам проводится в нашей стране в плановом порядке на основе агроэкономической оценки данных географической сети полевых опытов и массовых опытов агрохимслужбы в производственных условиях. Планирование поставки удобрений осуществляется с учетом почвенно-климатических условий, народнохозяйственной значимости выращиваемых культур и экономической эффективности удобрений исходя из потребности страны в различных видах сельскохозяйственной продукции и достигнутого уровня развития промышленности по производству удобрений.

В первую очередь минеральные удобрения выделяют под культуры, производство которых имеет важное народнохозяйственное значение и, кроме того, ограничено определенными почвенно-климатическими условиями. Полностью для получения планируемого урожая обеспечиваются удобрениями также посевы на мелиорируемых землях с регулируемым водным режимом, что обусловлено высокой эффективностью удобрений при орошении, а также необходимостью быстрее окупить значительные капиталовложения на мелиорацию земель.

Более высокий уровень поставки удобрений планируется для районов достаточного увлажнения, где достигается наибольшая оплата единицы удобрений.

Определение потребности в минеральных удобрениях в масштабе страны, союзных республик и экономических районов, а также обоснование оптимальных планов распределения фондов удобрений проводятся с использованием экономико-математических методов и электронно-вычислительной техники. В ЦИНАО для этих целей создан специальный программный комплекс «Фонуд» (фонды удобрений). При разработке экономико-математической модели для решения этих задач учитываются следующие показатели:

структура посевных площадей, фактический и планируемый уровень урожайности культур на предстоящий

хозяйственный год или на перспективу согласно утвержденным народнохозяйственным планам;

потребность удобрений на единицу прибавки урожая; доля прибавки урожая, обусловленная применением отдельных видов и сочетаний минеральных удобрений согласно результатам полевых опытов;

уровень потенциального и актуального плодородия почв по результатам почвенно-агрохимических обследований;

экономическая эффективность применения удобрений, определяемая на основе нормативных данных по средним прибавкам урожая и затратам на применение удобрений.

Определение норм удобрений на основе использования результатов полевых удобрений

Зональные рекомендации по применению удобрений под сельскохозяйственные культуры разрабатывают на основании обобщения данных полевых опытов об эффективности видов, форм, норм и способов внесения удобрений в типичных для зоны почвенно-климатических условиях и севооборотах. Рекомендуемые средние нормы удобрений устанавливаются в этом случае на основе агроэкономической оценки результатов полевых опытов.

Средние рекомендуемые зональные нормы удобрений должны корректироваться применительно к конкретным условиям хозяйства в зависимости от агрохимических свойств почв.

Согласно действующей в настоящее время классификации почв по агрохимическим показателям, все почвы в зависимости от кислотности и содержания подвижных форм питательных веществ подразделяются на шесть классов. Показатели третьего класса характеризуют среднюю обеспеченность почвы элементами питания для зерновых культур, а четвертого и пятого — соответственно для более требовательных к уровню питания пропашных и овощных культур (см. табл. 15). При большем, чем среднее, содержании питательных веществ в почве рекомендуемая норма удобрений под сельскохозяйственные культуры уменьшается, при меньшем — повышается. Обычно при обеспеченности почвы подвижными формами элементов питания на один класс ниже либо выше, чем средняя, норма изменяется на 25—30%, а на два класса — в 1,5 раза.

Поправочные коэффициенты к средним рекомендуемым нормам удобрений в зависимости от обеспеченности почвы

элементами питания уточняются зональными научными агрохимическими учреждениями для различных сельскохозяйственных культур применительно к условиям их возделывания. Такие поправочные коэффициенты к средним нормам удобрений для отдельных культур по зонам страны приведены в специальной справочной литературе.

34. Примерные поправочные коэффициенты к средним нормам удобрений под различные культуры в зависимости от содержания подвижного фосфора и калия на дерново-подзолистых и серых лесных почвах (данные ВИУА)

| Содержание в почве | Зерновые | Зернобобовые и травы | Лен | Пропашные | Овощные |
|----------------------------|-----------|----------------------|----------|-----------|----------|
| <i>Фосфорные удобрения</i> | | | | | |
| Очень низкое | 1,3—1,5 | 1,5—2,0 | 1,8—1,5 | * | * |
| Низкое | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,3—1,5 | * |
| Среднее | 0,6—0,7 | 0,7—0,9 | 0,6—0,7 | 1,0 | 1,2—1,5 |
| Повышенное | Рядковое | 0,6—0,5 | 0,5 | 0,5—0,7 | 1,0 |
| Высокое | Не вносят | Не вносят | 0,2—0,8 | Рядковое | 0,6—0,8 |
| Очень высокое | Не вносят | Не вносят | Рядковое | Не вносят | Рядковое |
| <i>Калийные удобрения</i> | | | | | |
| Низкое | 1,0 | 1,5 | 1,5—2,0 | 1,3—1,5 | 1,5—2,0 |
| Среднее | 0,6—0,7 | 1,0 | 1,0—1,5 | 1,0 | 1,3—1,5 |
| Повышенное | Не вносят | 0,7—0,8 | 0,8—1,0 | 0,6—0,8 | 1,0 |
| Высокое | Не вносят | 0,5—0,6 | 0,7—0,8 | 0,5 | 0,6—0,8 |

* Без предварительного окультуривания урожай не обеспечены.

В таблице 34 в качестве примера даны поправочные коэффициенты к средним нормам удобрений для отдельных культур на дерново-подзолистых и серых лесных почвах.

Зональными агрохимическими лабораториями и научными учреждениями страны постоянно проводятся широкие экспериментальные исследования по выяснению взаимосвязи между агрохимическими показателями почвы и эффективностью удобрений. В полевых опытах изучается взаимосвязь между нормой основных элементов питания и уровнем урожайности важнейших сельскохозяйственных культур, возделываемых в конкретных почвенно-климатических условиях при различной обеспеченности почвы подвижными формами питательных веществ. На основании выявленной в таких опытах коррелятивной зависимости разрабатывают рекомендации по применению удобрений на плани-

35. Оптимальные соотношения элементов питания и нормы удобрений, рекомендуемые агрохимической службой по основным зонам страны для заданных урожаев (данные ЦИНАО)

| Район возделывания | Число обоб-щенных опытов | Оптималь-ные дозы питатель-ных ве-ществ, кг на 1 га | Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O |
|--|--------------------------|---|---|
| <i>Озимая пшеница (35—40 ц зерна с 1 га)</i> | | | |
| Северный Кавказ | 131 | 140 | 1:1:0,3 |
| Центрально-Черноземная зона | 52 | 140 | 1:1,2:1,2 |
| Донецко-Приднепровский | 426 | 135 | 1:1,4:1 |
| Юго-Западный | 276 | 155 | 1:1,3:1 |
| Южный | 205 | 130 | 1:1,2:0,7 |
| <i>Озимая рожь (20—25 ц зерна с 1 га)</i> | | | |
| Центральный | 52 | 170 | 1:1:0,8 |
| Юго-Западный | 71 | 180 | 1:0,7:1,3 |
| Литовская ССР | 34 | 180 | 1:1:1 |
| Белорусская ССР | 170 | 200 | 1:1:1,3 |
| <i>Яровая пшеница (15—20 ц зерна с 1 га)</i> | | | |
| Поволжский | 331 | 110 | 1:1,2:0,5 |
| Западно-Сибирский | 216 | 115 | 1:1,1:0,7 |
| Восточно-Сибирский | 206 | 105 | 1:1,2:0,4 |
| Казахская ССР (кроме юга) | 168 | 55 | 0:1:0 |
| Казахская ССР (юг) | 115 | 120 | 1:1,4:0,6 |
| <i>Картофель (по фону органических удобрений) (200—250 ц клубней с 1 га)</i> | | | |
| Центральный | 229 | 205 | 1:0,7:0,8 |
| Юго-Западный | 170 | 225 | 1:0,7:0,8 |
| Белорусская ССР | 210 | 225 | 1:1,4:1,4 |
| <i>Сахарная свекла (250—300 ц корнеплодов с 1 га)</i> | | | |
| Центрально-Черноземная зона | 141 | 200 | 1:1,25:1,1 |
| Северно-Кавказский | 70 | 155 | 1:1,3:1,1 |
| Донецко-Приднепровский | 298 | 200 | 1:1:0,8 |
| Юго-Западный | 386 | 220 | 1:1,1:1,1 |
| <i>Хлопчатник (хлопок-сырец, 25—30 ц с 1 га)</i> | | | |
| Узбекская ССР | 39 | 340 | 1:0,7:0,14 |
| Таджикская ССР | 70 | 340 | 1:0,5:0,3 |
| Туркменская ССР | 54 | 290 | 1:0,6:0,2 |
| Азербайджанская ССР | 162 | 275 | 1:1:0,5 |

56. Нормы удобрений под озимые культуры в зависимости от содержания P_2O_5 и K_2O в почве и размера урожая на дерново-подзолистой суглинистой и серой лесной почвах

| Урожайность, ц с 1 га | Нормы азотных удобрений, кг на 1 га | Нормы фосфорных удобрений, кг на 1 га, при содержании P_2O_5 в почве (по Кирсанову, мг на 100 г почвы) | | | Нормы калийных удобрений, кг на 1 га, при содержании K_2O в почве (по Масловой, мг на 100 г почвы) | | | Нормы органических удобрений, т на 1 га |
|-----------------------|-------------------------------------|--|---------|----------|--|-------|----------|---|
| | | до 5 | 5—10 | более 10 | до 8 | 8—12 | более 12 | |
| | | | | | | | | |
| <i>Озимая пшеница</i> | | | | | | | | |
| 20—25 | 50—60 | 70—80 | 50—60 | 40—50 | 70—80 | 50—60 | 30—40 | 30—40 |
| 26—30 | 70—80 | 70—80 | 50—60 | 50—60 | 70—80 | 70—80 | 30—40 | 30—40 |
| 31—35 | 90—100 | 90—100 | 50—60 | 50—60 | 90—100 | 70—80 | 30—40 | 30—40 |
| 36—40 | 100—110 | 90—100 | 60—70 | 60—70 | 100—110 | 70—80 | 50—60 | 30—40 |
| 41—45 | 110—120 | 90—100 | 60—70 | 60—70 | * | 70—80 | 50—60 | 30—40 |
| 46—50 | 110—120 | * | 90—110 | 70—80 | * | 70—80 | 50—60 | 30—40 |
| 51—55 | 120—130 | * | 110—120 | 80—90 | * | 80—90 | 70—80 | 30—40 |
| <i>Озимая рожь</i> | | | | | | | | |
| 16—20 | 40—60 | 50—60 | 40—50 | 30—40 | 50—60 | 40—50 | 30—40 | 0 |
| 21—25 | 50—60 | 70—80 | 50—60 | 30—40 | 70—80 | 50—60 | 30—40 | 30—40 |
| 26—30 | 70—80 | 70—80 | 70—80 | 50—60 | 70—80 | 50—60 | 40—50 | 30—40 |
| 31—35 | 90—100 | * | 90—100 | 70—80 | * | 70—80 | 50—60 | 30—40 |
| 36—40 | 100—110 | * | 100—120 | 80—90 | * | 70—80 | 50—60 | 30—40 |

* При этих показателях P_2O_5 и K_2O в почвах указанные урожан не планируются.

руемый урожай с учетом агрохимических показателей почвы (примером таких рекомендаций могут служить данные таблиц 35, 36 и др.).

Обобщение многочисленных полевых опытов позволило также установить оптимальные нормы и соотношение НРК для получения заданного уровня урожайности важнейших сельскохозяйственных культур в основных районах их выращивания (табл. 35).

Определение норм необходимого количества удобрений на планируемый урожай по нормативам затрат удобрений на единицу прибавки урожая

Средние рекомендуемые нормы удобрений могут устанавливаться для определенного планируемого уровня производства сельскохозяйственной продукции с учетом фактической обеспеченности минеральными удобрениями и уровня плодородия почв по нормативам затрат удобрений на единицу прибавки урожая.

На основании данных массовых полевых опытов с удобрениями (только агрохимическая служба проводит в год 4,5 тыс. таких опытов с сельскохозяйственными культурами в различных зонах страны в производственных условиях) устанавливают средние нормативы затрат азотных, фосфорных и калийных удобрений на единицу прибавки урожая в оптимальных вариантах и долевое участие удобрений в урожае.

Норма минеральных удобрений $D_{(N, P, K)}$ в этом случае рассчитывается по формуле:

$$D_{(N, P, K)} = UIH_{(N, P, K)}C,$$

где U — планируемый урожай в ц/га, I — долевое участие удобрений в формировании урожая (в десятичных долях от 1), $H_{(N, P, K)}$ — затраты удобрений на единицу прибавки урожая, кг д. в. на 1 ц (определяются делением оптимальной нормы удобрения на полученную прибавку урожая в полевом опыте), C — поправочный коэффициент на агрохимические свойства почвы ($C=1$, если нормативы рассчитаны для определенного уровня агрохимических показателей почв).

В хозяйствах, где проведена бонитировка почв, нормы минеральных удобрений на планируемый урожай по нормативам затрат удобрений на единицу прибавки урожая рассчитывают по формуле

$$D_{(N, P, K)} = [U - (Bп \cdot Bц)] \cdot H_{(N, P, K)} \cdot C,$$

где $Bп$ — балл пашни конкретного поля, $Bц$ — цена балла пашни, ц планируемой сельскохозяйственной продукции на 1 га.

Для пересчета на центнеры фактически используемого удобрения рассчитанную норму в килограммах действующего вещества на 1 га делят на процентное содержание действующего вещества в соответствующем удобрении.

Для планирования потребности и применения удобрений в хозяйстве на основе нормативных показателей с использованием ЭВМ в ЦИНАО разработан программный комплекс РАДОЗ-2.

Нормы удобрений на планируемую урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур и потребность в удобрениях определяют по нормативам затрат удобрений на единицу урожая с учетом типа и разновидности почвы, ее агрохимических показателей и степени эродированности, предшественника, его качества и удобренности, сортовых особенностей выращиваемой культуры, внесения органических удобрений и влияния погодных условий.

Если выделяемые хозяйству фактические фонды удобрений не соответствуют рассчитанной потребности для получения плановых урожаев, то их распределение (в том числе имеющихся органических удобрений) по полям севооборота ведется с целью обеспечения выполнения плановых заданий по реализации продукции государству и достижения максимального хозяйственного эффекта.

Конечные материалы, которые выдает ЭВМ, содержат все данные о количестве необходимых для внесения на каждый отдельно обрабатываемый участок органических и минеральных удобрений с указанием срока и способа их применения. Годовой план применения удобрений, разрабатываемый по программе «Радоз», является основой для планирования поставки удобрений и официальным документом для осуществления работ специализированными агрохимическими службами и внутрихозяйственными подразделениями в различных регионах страны.

В 1981 г. с помощью программного комплекса «Радоз-2» и его модификаций составлены рекомендации по применению удобрений для 7354 хозяйств страны на площади 27,5 млн. га. Экономический эффект от внедрения рекомендаций составил 62,6 млн. рублей (Державин и др.).

Балансовые методы определения потребности и норм удобрений

Определение норм удобрений на планируемую урожайность может производиться расчетными методами, в основе которых лежит баланс питательных веществ — сопоставле-

ние расхода элементов питания на формирование урожая (т. е. выноса элементов питания с урожаем культуры) с поступлением питательных веществ из почвы и удобрений.

Вынос основных элементов питания на единицу урожая отдельных культур может значительно различаться в зависимости от условий выращивания. Поэтому для расчетов лучше пользоваться данными о выносе, полученными в хозяйстве или в типичных почвенных условиях ближайшими опытными учреждениями. Допустимо применение справочных данных о среднем выносе НРК на единицу урожая, однако при этом возрастает приблизительность расчета.

Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из навоза и минеральных удобрений также подвержены существенным колебаниям в зависимости от культуры, почвенно-климатических условий, нормы, времени внесения и способа заделки удобрений и т. д.

Для определения норм удобрений на планируемую прибавку урожайности необходимо располагать надежными данными об уровне урожайности без удобрений (или при уже используемом их количестве в хозяйстве).

Расчетные методы норм удобрений на планируемую урожайность включают оценку возможного выноса элементов питания из запасов почвы за счет подвижных форм, определяемых с помощью агрохимического анализа. Однако коэффициенты использования подвижных форм питательных веществ из почвы различными культурами могут колебаться в широком интервале — для фосфора от 2 до 20% и более, а для калия — от 10 до 55%. Следовательно, эти методы применимы лишь при наличии экспериментально установленных коэффициентов использования элементов питания из подвижных форм в почве для отдельных культур в полевых опытах в конкретных почвенно-климатических условиях.

**а) Определение норм минеральных удобрений
с использованием коэффициентов возмещения выноса
урожаем питательных веществ из почвы
за счет применения удобрений ***

Коэффициенты возмещения выноса K_B определяют на основании результатов полевых опытов с удобрениями по

* При описании расчетных методов определения норм удобрений использованы материалы ЦИНАО (Державин и др.).

формуле:

$$K_{B(N, P, K)} = \frac{D_{opt}}{Y_{opt} \cdot B_{(N, P, K)}},$$

где D_{opt} — оптимальная норма удобрения, кг д. в. на 1 га; Y_{opt} — полученная при ее применении урожайность, ц на 1 га; B — вынос питательных веществ с единицей урожая, кг д. в. на 1 ц (определяется на основании данных химического анализа основной и побочной продукции).

Норма минеральных удобрений — $D_{(N, P, K)}$ в кг действующего вещества на 1 га на планируемый урожай (Y) с использованием коэффициента возмещения выноса рассчитывается по формуле — $D_{(N, P, K)} = YKB_{CS}$, где C — поправочный коэффициент на агрохимические свойства почвы.

б) Определение норм удобрений на основе выноса урожая и коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений

Коэффициенты использования питательных веществ из почвы (K_n) и удобрений (K_y) определяют по данным полевых опытов и агрохимического анализа почвы путем следующего расчета:

$$K_y, \% = \frac{\Delta y B}{D_{opt}} \cdot 100; \quad K_n, \% = \frac{y B}{\Pi} \cdot 100,$$

где Δy — прибавка урожая, ц на 1 га, от внесения оптимальной нормы $D_{opt(N, P, K)}$ одного вида удобрения (N, P или K) на фоне двух других; y — урожайность в фоновом варианте, ц на 1 га; B — вынос питательных веществ единицей урожая, кг д. в. на 1 ц; Π — содержание подвижных форм питательных веществ в почве, кг на 1 га (рассчитывается путем пересчета результатов агрохимического анализа почвы в мг на 100 г на массу пахотного горизонта почвы).

Норма азотных удобрений $D_{(N)}$ рассчитывается на планируемую прибавку урожая (Δy), а фосфорных и калийных удобрений $D_{(P, K)}$ — на весь планируемый урожай (Y) по формулам:

$$D_{(N)} = \frac{\Delta y B}{K_y} \cdot 100; \quad D_{(P, K)} = \frac{100 \cdot y B - \Pi K_n}{K_y}.$$

в) Определение норм удобрений на планируемую прибавку урожая сельскохозяйственных культур

На основе данных о расходе элементов питания на формирование единицы урожая устанавливают размер их выноса с планируемой прибавкой урожая. Необходимо количество питательных веществ в удобрениях для получения

прибавки определяется введением поправки на плодородие почвы и с учетом коэффициента использования питательного вещества из удобрений.

Расчет норм удобрений на планируемую прибавку урожая ведут по формуле

$$D_{(N, P, K)} = \frac{100 \cdot (Y_n - Y_{\phi}) \cdot BC}{K_y},$$

где $D_{(N, P, K)}$ — норма удобрения, кг д. в. (N , P_2O_5 или K_2O) на 1 га; Y_n — планируемая урожайность, ц с 1 га; Y_{ϕ} — фактический урожай за последние 3 года, ц с 1 га; B — вынос элемента питания, кг с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции; C — поправочный коэффициент на плодородие почвы; K_y — коэффициент использования растений элемента питания из удобрения, %.

При расчете на планируемую прибавку урожая таким способом удается избежать использования весьма условных данных о величине потребления культурой питательных веществ из почвы.

г) Определение норм удобрений на планируемый урожай и желаемое изменение содержания подвижных форм фосфора и калия в почве

Если наряду с получением планируемой урожайности ставится задача повысить содержание подвижных форм фосфора и калия в почве, то потребная норма фосфорных и калийных удобрений (в кг д. в. на 1 га) может быть рассчитана по следующей формуле (А. В. Постников).

$$D_{(P, K)} = \frac{YB}{K} + \frac{(C_3 - C_{\phi}) \cdot H}{T},$$

где Y — планируемая урожайность, ц на 1 га; B — вынос питательных веществ, кг д. в. на 1 ц; K — коэффициент использования питательных веществ удобрения с учетом последствий, в десятичных долях от 1; C_3 и C_{ϕ} — соответственно желаемое и фактическое содержание подвижных форм элементов питания в почве в мг на 100 г; H — норма расхода удобрений в кг д. в. на 1 га сверх затрат на повышение урожая, необходимая для увеличения содержания подвижных форм фосфора и калия на 1 мг на 100 г почвы; T — время, за которое намечено получить желаемое содержание подвижных форм питательных веществ в почве, годы.

Различные расчетные методы целесообразно использовать для проверки правильности разработанной на основе экспериментальных и нормативных доз системы удобрения под отдельные культуры севооборота и для оценки возможных прибавок урожайности при принятых нормах органических и минеральных удобрений.

Правильность принятых норм и соотношений удобрений в севооборотах можно проверить сопоставлением прихода и расхода элементов питания, т. е. определением валового баланса питательных веществ за севооборот.

Сопоставление выноса элементов питания с урожаем культур за севооборот с их количеством в составе внесенных органических и минеральных удобрений позволяет представить в общем степень восполнения расхода отдельных питательных веществ из почвы. Однако такой баланс, называемый валовым, не отражает количественную сторону фактического использования элементов питания сельскохозяйственными культурами из удобрений. Валовой баланс успешно использовался для общей оценки расхода из почвы и поступления в нее элементов питания при ограниченном применении удобрений, когда урожай формировался в основном за счет почвенного плодородия и биологического азота.

Для оценки реального баланса питательных веществ, согласно принятой системе удобрения в севообороте (или хозяйстве), необходимо учитывать степень использования элементов питания сельскохозяйственными культурами из удобрений за ротацию, при оценке баланса в отдельных звеньях севооборота — коэффициенты использования элементов питания в первые три года из внесенных органических и минеральных удобрений. Эти данные устанавливают на основе обобщения результатов многолетних полевых опытов с удобрениями в севооборотах применительно к определенным почвенно-климатическим условиям. Примерные коэффициенты использования питательных веществ из удобрений приведены в таблице 37.

При оценке складывающегося баланса питательных веществ в севообороте или отдельных его звеньях нужно учитывать уровень потенциального почвенного плодородия, состав возделываемых культур, степень усвоения растениями внесенных с удобрениями элементов питания и другие факторы.

Для дерново-подзолистых и других малогумусированных почв, особенно легкого механического состава, необходимо стремиться к превышению прихода азота с удобрениями над выносом не менее чем на 15—20%. В то же время на богатых органическим веществом и, следовательно, азотом почвах (например, на осушенных низинных торфяниках и мощных черноземах) допустим небольшой дефицит этого элемента.

37. Примерные коэффициенты использования питательных элементов из удобрений в отдельные годы и за ротацию севооборота

| Годы действия | Коэффициенты использования, % | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| <i>Минеральные удобрения</i> | | | |
| За ротацию | 65—75 | 35—50 | 65—85 |
| в том числе за: | | | |
| 1-й год | 55—70 | 10—30 | 40—60 |
| 2-й » | 3—5 | 10—15 | 10—15 |
| 3-й » | — | 5—10 | 5—10 |
| <i>Органические удобрения</i> | | | |
| За ротацию | 50—60 | 50—60 | 70—90 |
| в том числе за: | | | |
| 1-й год | 20—30 | 35—45 | 40—60 |
| 2-й » | 15—20 | 15—10 | 15—20 |
| 3-й » | 5—10 | 0—5 | 5—10 |

Баланс по фосфору должен быть всегда положительным, с превышением поступления над выносом не менее 50%. При малом содержании подвижных форм фосфора в большинстве почв нашей страны и низком усвоении фосфора из удобрений для поддержания и улучшения почвенного плодородия требуется обеспечивать возмещение этого элемента в 2—2,5 раза большее, чем вынос с урожаем. Баланс по калию на богатых калием тяжелых почвах и сероземах может иметь дефицит 10—30% (конечно, при этом необходимо учитывать наличие калиелюбивых культур в севообороте, уровень урожая и применения азотно-фосфорных удобрений), а на песчаных и супесчаных почвах дефицит калия недопустим.

Следовательно, при разработке системы удобрения в севообороте должно предусматриваться разумное использование естественного плодородия почвы, а при более высоком уровне химизации земледелия — не только восстановление плодородия почвы, но и его расширенное воспроизводство.

На дерново-подзолистых и светло-серых дерново-подзолистых почвах, например, размеры возврата элементов питания в виде удобрений в полевых севооборотах с одним полем картофеля должны быть не ниже следующих величин (табл. 38).

**38. Примерные размеры возврата с удобрениями
элементов минерального питания от их выноса растениями
(по Дерюгину)**

| Обеспеченность почв элементами питания (классы) | Вносится за севооборот, % к выносу | | |
|---|------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Низкая (I—II) | От +10 до +20 | От +150 до +120 | От +15 до +10 |
| Средняя (III—IV) | От 0 до -10 | От +120 до +80 | От 0 до -20 |
| Высокая (V—VI) | 0 | От -120 до +30 | От 0 до -40 |

Балансовый метод применяется также для оценки потребности в удобрениях и характеристики складывающегося круговорота питательных веществ в хозяйстве, по природно-экономическим районам, административным областям и в целом по стране.

Во внешнехозяйственном балансе сопоставляют размеры отчуждения элементов питания с товарной продукцией и их прихода с органическими и минеральными удобрениями, завозимыми кормами и семенами.

Расчет внутрихозяйственного баланса, как и баланса в севообороте, включает сопоставление выноса питательных веществ с урожаем (всех видов продукции, убираемой с поля) с возмещением их с внесенными удобрениями. Эти статьи баланса имеют наибольший удельный вес в структуре потерь и возврате элементов питания. В полном хозяйственном балансе, кроме выноса с урожаем, могут учитываться потери питательных веществ из удобрений и почвы, а в приходной статье — возмещение не только с удобрениями, но и с семенами, атмосферными осадками, бобовыми культурами (азота).

Балансовые расчеты в масштабе страны проводятся путем суммирования имеющихся разработок по зонам и республикам либо на основе использования данных о средневзвешенных размерах выноса элементов питания каждой культурой с учетом зональных особенностей в выносе на единицу продукции, существующей или планируемой структуры посевных площадей, урожайности и обеспеченности органическими и минеральными удобрениями.

Балансовые разработки применяются в дополнение к экспериментальным опытным данным для научного обосно-

вания распределения минеральных удобрений между природно-экономическими районами, административными зонами и хозяйствами, а также по культурам. Недостатком балансового метода является необходимость использования большого количества расчетных величин при оценке размеров отдельных статей приходной и расходной частей баланса. Балансовые расчеты более надежны при использовании экспериментальных данных размеров выноса, коэффициентов использования элементов питания из удобрений и других показателей, полученных в полевых опытах с удобрениями в типичных севооборотах и конкретных почвенно-климатических условиях.

Балансовый метод используется при установлении норм минеральных удобрений для получения планируемого урожая культур с учетом обеспеченности почвы подвижными формами элементов питания, коэффициентов использования питательных веществ из удобрений и почвы, коэффициентов возмещения элементов питания и направленного изменения плодородия почв с применением электронно-вычислительных машин.

Таким образом, определение оптимальных норм удобрений проводится на основе экспериментальных, нормативных и балансовых методов, а также экономико-математических методов (в том числе с использованием ЭВМ).

При разработке системы удобрений исходя из фактической обеспеченности минеральными удобрениями чаще всего применяются средние зональные нормы, уточняемые по агрохимическим показателям почвы. Для ведущих культур севооборотов в этом случае возможен расчет нормы удобрений на планируемый урожай различными методами.

Разработка системы удобрения на высокие планируемые урожаи всех культур севооборота (в том числе с учетом повышения плодородия почвы) может осуществляться в условиях полного обеспечения минеральными удобрениями по потребности. Такой уровень поставок удобрений достигнут в основных районах возделывания ведущих технических культур, а также в промышленных районах с высокой плотностью населения (например, в Московской и Ленинградской областях). В этих условиях возрастает значение балансовых расчетов для определения норм удобрений на планируемый урожай и направленного изменения актуального плодородия почв.

Следует подчеркнуть, что наиболее достоверные результаты при определении оптимальных норм удобрений могут

быть получены только на основе данных полевых опытов с удобрениями, особенно многолетних, в сочетании с разнообразными расчетными методами проверки правильности соотношения между отдельными элементами питания и предварительной агроэкономической оценки.

В настоящее время в ЦИНАО разработана базовая модель для разработки рекомендаций по применению удобрений на уровне сельхозпредприятий с использованием ЭВМ. Предусмотрено определение норм удобрений по всем основным методам (на базе прямого использования результатов полевых опытов, нормативных данных, балансовых расчетов и производственных функций). Выбор предпочтительного метода проводится в зависимости от содержания подвижных форм питательных веществ в почве и наличия удобрений в хозяйстве. Информационной базой при решении задачи является централизованный банк данных, включающий результаты массовых полевых опытов с удобрениями (проведенных агрохимслужбой) с учетом почвенно-климатических условий, результаты агрохимического обследования почв, параметры выноса элементов питания урожаем и качества продукции. Если в банке данных нет достаточного объема информации по предпочтительному методу, то норма удобрений определяется на основании нормативных затрат минеральных удобрений на единицу прибавки урожая. Рассчитанные нормы удобрений корректируются в зависимости от основных факторов, которые прямо или косвенно влияют на эффективность удобрений (эродированность почв, удобренность и качество предшественника, сортовые особенности культур и т. д.).

Модель включает также блоки, позволяющие определить баланс питательных веществ в хозяйстве и произвести корректировку норм минеральных удобрений в зависимости от использования органических удобрений и показателей баланса элементов питания, произвести наиболее рациональное распределение удобрений по способам внесения и учесть требования к качеству получаемой продукции.

В заключение необходимо отметить, что при планировании уровня урожайности сельскохозяйственных культур, норм удобрений и их распределении в севооборотах должны учитываться весь комплекс природно-экономических факторов, организационно-хозяйственные условия и особенности питания растений. С возрастанием уровня химизации все большее значение приобретают повышение общей культуры земледелия, строгое соблюдение агротехники и осу-

ществление мелиоративных мероприятий. Огромную роль играют также селекция и внедрение в производство высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, обладающих повышенной отзывчивостью на удобрение.

Способы внесения удобрений

Годовая норма удобрений под отдельные культуры может вноситься в разные сроки и разными способами. Сроки и приемы внесения удобрений должны обеспечивать наилучшие условия питания растений в течение всей вегетации и получение наибольшей окупаемости питательных веществ урожаем. Различают три способа внесения удобрений: допосевное (или основное), припосевное (в рядки, гнезда, лунки) и послепосевное (или подкормки в период вегетации).

В *основное удобрение* до посева вносят навоз (и другие органические удобрения) и, как правило, большую часть общей нормы применяемых под данную культуру минеральных удобрений. Цель основного удобрения — обеспечить питание растений в течение всего периода вегетации. До посева удобрения вносят разбросным способом с помощью туковых сеялок (минеральные удобрения, известь), навозо-разбрасывателей (органические удобрения) и других машин. Перспективным способом применения удобрений до посева, особенно суперфосфата, является ленточное, локальное внесение. При локальном размещении фосфор суперфосфата меньше закрепляется в почве и повышается усвоение его растениями.

Основное фосфорно-калийное удобрение вносят преимущественно осенью и заделывают под глубокую зяблевую вспашку. При этом удобрения попадают в более влажный и менее пересыхающий слой почвы, где развивается основная масса деятельных корней. При глубокой заделке элементы питания из удобрений лучше используются растениями и дают больший эффект. Особое значение имеет глубокая заделка допосевого фосфорного удобрения, поскольку фосфор в почве вследствие химического связывания практически не передвигается.

Азотные удобрения до посева при орошении и в районах с большим количеством осадков, особенно на легких песчаных и супесчаных почвах, необходимо вносить весной с заделкой под предпосевную обработку почвы. При этом огра-

ничивается возможность потерь нитратного азота удобрений (а также нитратов, образующихся при нитрификации аммонийных, аммиачных форм азотных удобрений и мочевины) вследствие вымывания и миграции из корнеобитаемого слоя почвы. На тяжелых почвах в районах с ограниченным количеством осадков в осенне-зимний период аммонийные твердые, жидкие аммиачные удобрения и мочевину можно вносить с осени.

На легких почвах, обладающих малой емкостью поглощения, калийные удобрения целесообразно (во избежание потерь калия от вымывания) вносить вместе с азотными удобрениями весной под культивацию, а под пропашные культуры часть этих удобрений переносить в подкормку.

Для лучшего обеспечения питания растений в начальный период роста наряду с основным удобрением необходимо вносить небольшие дозы удобрений одновременно с посевом в рядки или гнезда.

Припосевное удобрение вносят специальными комбинированными сеялками. Для всех сельскохозяйственных культур особенно большое значение имеет внесение в рядки гранулированного суперфосфата, так как в начальный период роста растения особенно чувствительны к недостатку фосфора. Под зерновые культуры гранулированный суперфосфат или аммофос могут быть внесены обычными зерновыми сеялками в смеси с семенами.

Под сахарную свеклу, картофель, кукурузу и некоторые другие культуры вместе с суперфосфатом при посеве вносят также небольшие дозы азотных и калийных удобрений либо применяют комплексные удобрения. Под культуры, чувствительные к высокой концентрации питательных веществ вблизи корней, например кукурузу, лучше вносить их на некотором расстоянии (2—3 см) сбоку или ниже семян, для того чтобы семена отделялись от удобрений прослойкой почвы.

Питательные вещества из удобрений, внесенных в рядки или гнезда на глубину посева семян, используются большинством растений только в первый период роста, поэтому доза их должна быть невысокой — порядка 7—15 кг д. в. на 1 га. При внесении в лунки или в борозды удобрений под картофель и томаты питательные вещества удобрения могут использоваться более длительное время, особенно при достаточной влажности почвы. Дозы припосадочного удобрения под эти культуры могут быть увеличены до 20—30 кг д. в.

39. Эффективность рядкового удобрения в различных почвенно-климатических зонах (данные ВИАУ)

| Почвы | Культура | Урожайность на контроле, ц с 1 га | Прибавка урожайности, ц с 1 га | Оплата 1 ц суперфосфата прибавкой урожая зерна, ц на 1 га |
|---|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|
| Дерново-подзолистые (52 опыта) | Озимые | 20,5 | 3,4 | 5,8 |
| Черноземы, серые лесные и каштановые (117 опытов) | » | 22,2 | 2,8 | 5,6 |
| В среднем по СССР (169 опытов) | » | 21,6 | 3,0 | 6,0 |
| Дерново-подзолистые (29 опытов) | Яровая пшеница | 16,2 | 3,0 | 6,0 |
| Черноземы, серые лесные и каштановые (60 опытов) | То же | 15,8 | 2,0 | 4,0 |
| В среднем по СССР (89 опытов) | » | 15,9 | 2,3 | 4,6 |

Припосевное удобрение, рассчитанное главным образом на обеспечение растений легкодоступными формами элементов питания в начальный период их жизни, имеют важное значение и для последующего развития растений. Благоприятные условия питания с начала вегетации способствуют формированию у молодых растений более мощной корневой системы, что обеспечивает в дальнейшем лучшее использование элементов питания из почвы и основного удобрения. Благодаря рядковому удобрению растения быстрее развиваются и легче переносят временную засуху, меньше повреждаются вредителями и болезнями, лучше подавляют сорную растительность. Припосевное местное внесение небольших доз минеральных удобрений — наиболее эффективный способ их применения, обеспечивающий более высокие прибавки урожая на каждый центнер удобрения. Особенно эффективно применение в рядки гранулированного суперфосфата и аммофоса (табл. 39).

При систематическом применении высоких норм удобрений содержание подвижных форм элементов питания, в том числе фосфора, в почве постепенно возрастает и действие рядкового удобрения может снижаться. Рядковое применение суперфосфата имеет важное значение при выращива-

нии зерновых и других культур в засушливых районах страны, где используется ограниченное количество минеральных удобрений, а фосфор является элементом, находящимся в первом минимуме.

Подкормки в период вегетации применяют в дополнение к основному и припосевному удобрению с целью усиления питания растений в периоды наиболее интенсивного потребления ими питательных веществ.

Высокоэффективна ранневесенняя подкормка азотными удобрениями озимых культур, которая является обязательным приемом их возделывания. Хлопчатник основное количество азота и других элементов питания поглощает в период от начала цветения до массового созревания, поэтому большая доля азотных удобрений и часть калийных применяют в подкормки в сочетании с поливами и при междурядных обработках. Подкормки широко применяют на многолетних сеяных сенокосах и пастбищах, естественных кормовых угодьях.

Перенесение части азотных и калийных удобрений в подкормку пропашных культур целесообразно на легких почвах в увлажненных районах с высоким уровнем грунтовых вод. В подкормку целесообразно выделять часть удобрений при высоких их нормах под пропашные культуры. Перенесение части удобрений из основного внесения до посева в подкормку при средних нормах под картофель, сахарную свеклу и другие пропашные культуры не дает дополнительного эффекта по сравнению с внесением всего количества удобрений до посева. Действие удобрений, внесенных в подкормку при неглубокой заделке в междурядья пропашных культур, в сильной степени зависят от условий увлажнения в течение вегетации.

В увлажненных районах или при орошении эффективность подкормки значительно выше, чем в районах с недостатком влаги. Наиболее целесообразны для подкормки легкорастворимые азотные удобрения, а также богатые азотом местные органические удобрения — навозная жижа, птичий помет. Роль подкормок возрастает, если по каким-либо причинам удобрения до посева не применялись либо вносились в недостаточном количестве.

В подкормку удобрения вносят или поверхностно вразброс (ранневесенняя подкормка озимых, подкормка клевера и других многолетних кормовых культур, льна), или в междурядья пропашных и овощных культур с заделкой в

почву при последующей междурядной обработке, или культуризаторами-растениепитателями.

В засушливых районах без орошения и в годы с недостаточным количеством осадков подкормки могут не оказать положительного действия на урожай либо даже снизить его.

Для большинства культур чаще всего применяют основное удобрение в сочетании с припосевным. При ограниченном количестве минеральных удобрений в хозяйстве целесообразно прежде всего предусмотреть внесение удобрения наиболее экономичным способом — местно (в рядки, гнезда) при посеве.

УДОБРЕНИЕ ВАЖНЕЙШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И РАЗМЕЩЕНИЕ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ

Удобрение озимой пшеницы и озимой ржи

Озимые зерновые культуры дают устойчивые урожаи в основных районах возделывания и обладают высокой отзывчивостью на применение удобрений. Озимая пшеница — ведущая зерновая культура в степных и лесостепных районах Украины и Северного Кавказа (где сосредоточено более 70% всех ее посевов), Центрально-Черноземной зоне РСФСР, Молдавии и Азербайджане. Значительно расширены площади под озимой пшеницей и в Нечерноземной зоне, где на известкованных почвах при соблюдении правильной агротехники и внесении удобрений она также дает высокие урожаи.

Основные площади озимой ржи сосредоточены в Нечерноземной зоне на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, а также выщелоченных и оподзоленных черноземах.

Озимая пшеница более требовательна, чем озимая рожь, к нейтральной реакции среды и почвенному плодородию. Вынос элементов питания у озимой пшеницы и озимой ржи на единицу товарной продукции относительно стабилен и довольно близок (в кг на 10 ц зерна и соответствующее количество соломы — 30—35 N, 10—12 P₂O₅ и 25—30 K₂O). Новые высокопродуктивные сорта озимой пшеницы отличаются повышенной потребностью в элементах питания, особенно азоте.

Пшеница обладает меньшей способностью усваивать питательные вещества из труднорастворимых соединений в

40. Потребление озимыми зерновыми элементами питания,
% от максимального содержания в урожае

| Периоды роста и фазы развития | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|-------------------------------|-----|-------------------------------|------------------|
| <i>Озимая пшеница</i> | | | |
| Осенний период и ранняя весна | 47 | 30 | 48 |
| Начало колошения | 69 | 65 | 68 |
| Цветение | 90 | 93 | 95 |
| Начало созревания | 98 | 97 | 100 |
| Полная спелость | 100 | 100 | 82 |
| <i>Озимая рожь</i> | | | |
| Выход в трубку | 76 | 58 | 82 |
| Цветение | 93 | 78 | 99 |
| Восковая спелость | 100 | 100 | 100 |

почве и хуже переносит временное понижение температур и засуху, чем рожь.

До кущения озимые потребляют относительно небольшое количество питательных веществ, но весьма чувствительны к их недостатку, особенно фосфора. Максимум потребления элементов питания приходится на период от выхода в трубку до колошения — начала цветения (табл. 40), однако наиболее ответственным в отношении снабжения питательными веществами является период от всходов до ухода под зиму, а также начала вегетации весной.

В осенний период для хорошего роста и перезимовки озимых должно быть обеспечено повышенное фосфорно-калийное и умеренное азотное питание. Усиленное питание озимых с осени фосфором и калием способствует лучшему кущению и развитию растений, накоплению большого количества углеводов (сахаров) и возрастанию зимостойкости. При повышенном снабжении азотом осенью ухудшаются условия перезимовки, что имеет особое значение в регионах с более суровыми зимами.

Озимые зерновые культуры хорошо отзываются на внесение органических удобрений и оплачивают их большей прибавкой урожая, чем яровые зерновые. Органические удобрения в норме 20—30 т на 1 га применяют под озимые, идущие по чистым парам и после рано убираемых предшественников. При посеве по занятым парам органические удобрения лучше вносить под парозанимающую культуру, в этом случае они обеспечивают большую суммарную прибав-

ку урожая. При орошении под озимую культуру органические удобрения вносят, как правило, под предшествующую культуру в норме 20—40 т на 1 га.

Фосфорные и калийные удобрения под озимые следует заделывать под основную обработку почвы. На почвах с низким содержанием подвижных форм фосфора следует вносить небольшую дозу фосфора — 10—15 кг P_2O_5 на 1 га в рядки при посеве в форме суперфосфата или аммофоса (последнее весьма благоприятно для озимых, идущих по непаровым предшественникам на бедных азотом почвах).

Азотные удобрения под озимые чаще всего вносят дробно — 1/3 общей нормы под предпосевную обработку и остальное количество — в подкормки. Однако в районах с короткими мягкими зимами при ограниченных потерях азота удобрений в осенне-зимний период целесообразно внесение полной нормы азота в почву до посева. Эффективность подкормки азотом сильно зависит от срока ее проведения в увлажненных районах Нечерноземья, особенно на легких дерново-подзолистых почвах. Здесь необходимо проведение подкормки азотом в ранневесенний период.

Весной озимые рано трогаются в рост и требуют усиленного снабжения азотом. В почве же в это время минеральных соединений азота очень мало — процессы мобилизации азота почв в осенне-зимний период протекают слабо из-за низких температур, а имевшиеся нитраты теряются из корнеобитаемого слоя вследствие вымывания и денитрификации.

В других регионах на неорошаемых землях подкормка озимых может проводиться поздней осенью (перед уходом растений под снег) или рано весной. Из-за возможности смыва и потерь азота в результате вымывания нитратов в грунтовые воды подзимняя подкормка применима только на полях с выровненным рельефом и при низком залегании грунтовых вод. Подкормку озимых можно проводить также органическими удобрениями, содержащими азот в легкодоступной форме (навозная жижа, птичий помет).

В условиях орошаемого земледелия применяют повышенные нормы удобрений (на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья 120—150 кг N на 1 га, на предкавказских и южных черноземах — 120—180, реже до 200), при этом 1/3 вносится после влагозарядкового полива, а остальное количество в ранневесеннюю и иногда позднюю — в фазу колошения — цветения — подкормки. Поздняя подкормка в дозе 30—40 кг N на 1 га проводится с целью повышения

качества зерна и не влияет на урожайность. На связанных почвах с низким уровнем грунтовых вод в условиях мягкой зимы допустимо и при орошении внесение всей нормы азота до посева. В основных районах орошаемого земледелия на черноземах и каштановых почвах под озимую пшеницу наиболее эффективно применение азотных и фосфорных удобрений, эффективность калийных удобрений ограниченная.

На неорошаемых землях Черноземной зоны, особенно в южных и юго-восточных районах, решающее значение для озимой пшеницы имеют фосфорные удобрения, особенно при выращивании ее по чистым парам.

Азотным удобрениям принадлежит ведущая роль в повышении урожая зерновых озимых на малогумусированных почвах Нечерноземья в условиях достаточного увлажнения. При посеве озимых зерновых по чистому пару, после многолетних трав (особенно клевера и люцерны), зернобобовых и по хорошо унавоженному занятому пару общая норма азотных удобрений снижается. (Средние рекомендуемые нормы удобрений под озимые зерновые, возделываемые по различным предшественникам в основных зонах, приведены в таблицах 43, 44.)

Нормы удобрений уточняются с учетом уровня планируемой урожайности и содержания подвижных форм питательных веществ в почве (см. табл. 36).

Самая высокая и устойчивая эффективность удобрений под озимые в зонах достаточного увлажнения и районах орошаемого земледелия. Окупаемость зерном 1 кг NPK достигает 7—10 кг.

Удобрение яровой пшеницы, ячменя и овса

Яровая пшеница занимает около $\frac{3}{4}$ всех площадей зерновых. Основные площади возделывания яровой пшеницы сосредоточены в засушливых восточных районах страны — Казахстане, Поволжье, на Урале, в Западной и Восточной Сибири. Остальные площади посева этой культуры расположены в Центральном, Волго-Вятском и Центрально-Черноземном экономических районах. Яровая пшеница — важнейшая продовольственная культура — на ее долю приходится до половины валового сбора зерна в стране. В зерне яровой пшеницы содержится много белка (в среднем 16—18, а в засушливых районах свыше 20%), оно

обладает высокими мукомольными и хлебопекарными качествами.

Ячмень имеет наиболее короткий из яровых зерновых культур вегетационный период, обладает невысокой требовательностью к теплу и выращивается на всей территории страны. Основные площади под ячменем размещены на черноземных почвах в лесостепной и степной зонах, а также в Нечерноземной зоне. Увлажненная Нечерноземная зона благоприятна для возделывания пивоваренного ячменя. Как и пшеница, ячмень не переносит кислотности почвы, очень хорошо отзывается на известкование и применение удобрений.

Овес отличается меньшей требовательностью к теплу и плодородию почвы, чем другие яровые зерновые культуры, лучше переносит кислые почвы, устойчив к кратковременным заморозкам. Он обладает повышенной потребностью во влаге, особенно в первую половину вегетации. Основные площади посевов овса расположены в Нечерноземной зоне и более увлажненных районах Поволжья, Урала и Сибири.

Вынос питательных веществ (соответственно N, P₂O₅ и K₂O) составляет в среднем при урожайности яровой пшеницы 30—35 ц с 1 га 140, 50 и 75 кг; урожайности ячменя 35—40 ц с 1 га — 110, 40 и 80 кг; урожайности овса 25 ц с 1 га — 80, 35 и 80 кг.

Поглощение питательных веществ у яровых зерновых заканчивается в основном ко времени колошения — цветения. Они имеют более короткий, чем озимые культуры, вегетационный период и, следовательно, отличаются высокой интенсивностью потребления элементов минерального питания (табл. 41).

В повышении урожая яровых зерновых культур на почвах Нечерноземной и лесостепной зон азоту принадлежит

41. Потребление яровыми зерновыми культурами основных элементов питания, % максимального

| Фаза роста | Пшеница | | | Ячмень | | | Овес | | |
|-----------------|---------|-------------------------------|------------------|--------|-------------------------------|------------------|------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Колошение | 71 | 68 | 88 | 71 | 56 | 73 | 51 | 36 | 54 |
| Цветение | 97 | 100 | 100 | 96 | 74 | 100 | 82 | 71 | 100 |
| Полная спелость | 90 | 93 | 67 | 100 | 100 | 64 | 100 | 100 | 88 |

ведущая роль. На выщелоченных черноземах Зауралья и Восточной Сибири, на серых лесных почвах Западной и Восточной Сибири важное значение наряду с азотом имеют фосфорные удобрения. На черноземах степной зоны и в юго-восточных районах, а также на каштановых почвах и предкавказских черноземах первоочередное значение имеют фосфорные удобрения.

В Нечерноземной зоне предшественниками яровой пшеницы, ячменя и овса обычно являются озимые или пропашные культуры, удобренные навозом. Навоз может применяться непосредственно под яровую пшеницу, идущую по чистым парам в Сибири, Казахстане и юго-восточных районах европейской части страны.

При выращивании яровых культур после картофеля, сахарной свеклы, зерновых и других поздно убираемых культур потребность в удобрениях, особенно в азотных, всегда несколько выше, чем после рано убираемых предшественников. На дерново-подзолистых почвах для получения высокого урожая яровых зерновых культур необходимо полное минеральное удобрение. При посеве яровых зерновых после многолетних бобовых трав и зерновых бобовых в Нечерноземной зоне и по чистым парам в засушливых районах потребность в азотных удобрениях снижается.

Азотные удобрения вносят обычно под предпосевную обработку почвы. Питание яровых зерновых культур фосфором и калием лучше всего обеспечивается при глубокой заделке удобрений под зяблевую вспашку в сочетании с применением небольших доз суперфосфата или аммофоса (8—10 кг P_2O_5 на 1 га) в рядки при посеве.

Примерные нормы минеральных удобрений под яровые колосовые культуры в различных районах страны приведены в таблицах 42—44.

Высокое действие удобрений на яровые зерновые культуры наблюдается в Нечерноземной зоне, в северной части Черноземной зоны и в условиях орошаемого земледелия. На юге и юго-востоке страны эффективность удобрений из-за недостатка влаги снижается, здесь особое значение имеет внесение фосфора в первую очередь при посеве.

При перенесении части азота в подкормки яровых зерновых культур эффективность поверхностно внесенных удобрений в сильной степени зависит от условий увлажнения. Ранняя подкормка азотными удобрениями целесообразна при орошении (с первым поливом), когда применяются более высокие нормы удобрений. Для повышения белково-

сти зерна пшеницы и улучшения его технологических и хлебопекарных качеств можно применять позднюю подкормку — после цветения — азотными удобрениями, прежде всего мочевиной.

Удобрение крупяных культур

Просо — культура, сравнительно требовательная к уровню плодородия почв и отличается от колосовых зерновых повышенной засухоустойчивостью. Основные площади ее посевов расположены в степной зоне и южной (черноземной) части лесостепной зоны. На 10 ц зерна и соответствующее количество остальной растительной массы просо потребляет (в кг): 30—35 N, 10—13 P₂O₅ и 30—35 K₂O. Наибольшую долю питательных веществ просо потребляет за относительно короткий период (40—50 дней) от кушения до налива зерна. На южных черноземах и каштановых почвах степной зоны первоочередное значение имеют фосфорные удобрения. Весьма эффективно внесение в рядки небольших доз суперфосфата (10 кг P₂O₅). Действие удобрений на урожайность проса в засушливых условиях возрастает при орошении, в этом случае эффективно сочетание азота и фосфора. На серых лесных почвах, выщелоченных, оподзоленных и обыкновенных черноземах целесообразно применение полного минерального удобрения. Просо хорошо использует последствие внесенных под предшествующую культуру органических и минеральных удобрений.

Гречиха потребляет на 10 ц зерна 45—55 кг N, 20—35 кг P₂O₅ и 100—120 кг K₂O. Она менее требовательна, чем другие культуры, к плодородию почв прежде всего благодаря лучшей способности усваивать фосфор и калий из труднодоступных соединений. Поэтому гречиха слабее реагирует на внесение удобрений при выращивании на хорошо окультуренных почвах, но весьма отзывчива на бедных почвах. Хорошо удается гречиха в европейской части страны на серых, оподзоленных и выщелоченных черноземах. Здесь, как и на типичных и обыкновенных черноземах, обычно применяют полное минеральное удобрение, но ведущая роль принадлежит сочетанию азота и фосфора. Калийные удобрения эффективны только на их фоне, особенно на более легких почвах. Способы внесения удобрений те же, что и для других яровых культур. Под гречиху в основное удобрение можно применять фосфоритную муку даже на слабокислых почвах.

42. Примерные средние нормы минеральных удобрений под зерновые и крупяные культуры на серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах

| Культура, предшественник, фон | Планируемая урожайность, ц с 1 га | Серые, темпо-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные | | | Черноземы выщелоченные | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | нормы минеральных удобрений, кг на 1 га | | | | | |
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |

Украинская ССР (Юго-Западный район — подзона достаточного увлажнения лесостепи), *Молдавская ССР* (Северо-Кавказский район — увлажненная часть)

| | | | | | | | |
|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Озимая пшеница: | | | | | | | |
| по занятым парам без навоза | 30 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 40 |
| по навозу (20 т на 1 га) | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 | 40 | 40 |
| по зерновым бобовым и чистым парам | 40 | 60 | 90 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| по пласту трав | 40 | 60 | 90 | 80 | 40 | 60 | 60 |
| Кукуруза | 40 | 90 | 90 | 90 | 60 | 60 | 60 |
| Ячмень яровой | 30 | 60 | 60 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| Гречиха | 20 | 40 | 60 | 40 | 40 | 60 | 40 |
| Просо | 25 | 60 | 60 | 60 | 40 | 40 | 40 |

Украинская ССР (Донецко-Приднепровский район — подзона недостаточного увлажнения лесостепи), *РСФСР* (Центрально-Черноземный, Волго-Вятский и Поволжский районы)

| | | | | | | | |
|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Озимая пшеница: | | | | | | | |
| по занятым парам без навоза | 30 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 40 |
| по навозу (20 т на 1 га) | 30 | 60 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| по зерновым бобовым и чистым парам | 40 | 60 | 60 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| Озимая рожь: | | | | | | | |
| по занятым парам без навоза | 20 | 60 | 60 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| по навозу (20 т на 1 га) | 25 | 60 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| по чистым парам | 30 | 40 | 60 | 60 | 40 | 40 | 40 |
| Кукуруза | 35 | 60 | 60 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| Ячмень яровой: | | | | | | | |
| по удобренному фону | 30 | 60 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| по неудобренному фону | 30 | 60 | 60 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| Яровая пшеница | 25 | 60 | 60 | 60 | 40 | 40 | 40 |
| Гречиха | 20 | 40 | 60 | 40 | 30 | 60 | 30 |
| Просо | 20 | 40 | 40 | 40 | 30 | 40 | 30 |

43. Примерные средние нормы минеральных удобрений под зерновые и крупяные культуры на типичных, обыкновенных и южных, карбонатных черноземах

| Культура, предшественник, фон | Планируемая урожайность, ц с 1 га | Черноземы типичные, мощные и обыкновенные | | | Черноземы южные, карбонатные | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | нормы минеральных удобрений, кг на 1 га | | | | | |
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |

Украинская ССР (Донецко-Приднепровский и Южный районы — подзона недостаточного увлажнения лесостепи и степная зона), Молдавская ССР, РСФСР (Северо-Кавказский, Центральнo-Черноземный и Поволжский районы)

| | | | | | | | |
|--|-------|----|----|----|----|-------|----|
| Озимая пшеница: | | | | | | | |
| по чистым парам без навоза | 30—35 | 40 | 60 | 40 | 40 | 60 | 40 |
| по навозу (15—20 т на 1 га) | 35—40 | 40 | 40 | 0 | 40 | 60 | — |
| по занятым парам | 25—30 | 60 | 60 | 40 | 40 | 60 | — |
| по непаровым предшественникам | 20—25 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | — |
| Озимая рожь по чистым парам | 20—25 | 20 | 40 | 20 | 20 | 40 | — |
| Кукуруза | 25—30 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Ячмень | 25—30 | 40 | 40 | 20 | 30 | 40 | — |
| Яровая пшеница: | | | | | | | |
| по чистым парам | 20—25 | — | 60 | 30 | — | 40 | — |
| после пропашных | 20—25 | 30 | 40 | 30 | 30 | 40 | — |
| по непаровым предшественникам (после зерновых) | 15—20 | 30 | 40 | 20 | 30 | 40 | — |
| Просо | 20—30 | 30 | 40 | 30 | — | 15—40 | — |

44. Средние оптимальные нормы внесения минеральных удобрений под зерновые культуры на орошаемых землях

| Культура | Почвы | Планируемая урожайность зерна, ц с 1 га | Нормы минеральных удобрений для обеспечения планируемого урожая, кг на 1 га | | |
|----------|-------|---|---|-------------------------------|------------------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |

Украинская ССР (Южный район)

| | | | | | |
|----------------|------------------------------|----|-----|----|----|
| Озимая пшеница | Каштановые и черноземы южные | 40 | 90 | 60 | — |
| Кукуруза | Каштановые | 60 | 120 | 90 | 40 |

Продолжение

| Культура | Почвы | Планируемая урожайность зерна, ц с 1 га | Нормы минеральных удобрений для обеспечения планируемого урожая, кг на 1 га | | |
|----------|-------|---|---|-------------------------------|------------------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |

*РСФСР
Северо-Кавказский район*

| | | | | | |
|----------------|------------------------|----|-----|-----|----|
| Озимая пшеница | Черноземы обыкновенные | 50 | 120 | 120 | 60 |
| Кукуруза | Каштановые | 40 | 90 | 90 | — |
| | Черноземы обыкновенные | 60 | 120 | 120 | 60 |
| | Каштановые | 60 | 120 | 120 | 40 |

Поволжский район

| | | | | | |
|----------------|------------|----|-----|-----|----|
| Озимая пшеница | Каштановые | 40 | 120 | 90 | 40 |
| Кукуруза | То же | 50 | 120 | 120 | 60 |
| Яровая пшеница | » | 30 | 90 | 60 | — |

Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский районы

| | | | | | |
|----------------|------------------------|----|----|----|----|
| Яровая пшеница | Черноземы южные | 30 | 90 | 90 | 40 |
| | Черноземы обыкновенные | 25 | 60 | 60 | 40 |
| | Каштановые | 25 | 90 | 60 | — |

*Казахская ССР
Южные области*

| | | | | | |
|----------------|------------|----|-----|-----|----|
| Озимая пшеница | Каштановые | 50 | 120 | 90 | 40 |
| Кукуруза | То же | 60 | 120 | 120 | 60 |

Республики Средней Азии

| | | | | | |
|----------------|-----------------------------|----|-----|-----|----|
| Озимая пшеница | Сероземы и сероземнолуговые | 50 | 120 | 120 | 40 |
| Кукуруза | То же | 70 | 160 | 120 | 60 |

Республики Закавказья

| | | | | | |
|----------------|------------|----|-----|-----|----|
| Озимая пшеница | Каштановые | 40 | 90 | 90 | 40 |
| Кукуруза | То же | 50 | 120 | 120 | 60 |

Гречиха хорошо отзывается на рядковое применение суперфосфата (10—15 кг P₂O₅ на 1 га), остальное количество фосфора и калийного удобрения следует заделывать под основную обработку почвы, а азотные — под предпосевную обработку. Рядковое внесение фосфора повышает устойчи-

вость всходов гречихи к поздневесенним заморозкам и обеспечивает прибавку урожайности зерна 1,5—2,5 ц с 1 га.

Средние нормы удобрений под крупяные культуры указаны в таблицах 42—44.

Удобрение кукурузы

Кукуруза выращивается в нашей стране как кормовая и зерновая культура. При выращивании на зерно без орошения в лесостепной и степной зонах кукуруза может давать урожайность 60—70 ц с 1 га, а при орошении — 100 ц и более с 1 га. Хотя вынос элементов питания на 10 ц зерна у кукурузы близок к другим зерновым культурам (25—30 N, 8—12 P₂O₅ и 22 — 27 кг K₂O), размеры потребления питательных веществ этой культурой могут быть даже выше, чем с хорошими урожаями корне- и клубнеплодов. Так, при урожайности 100 ц зерна с 1 га в орошаемых условиях вынос составляет более 250 кг N, 100 кг P₂O₅ и 360 кг K₂O, а при урожайности зеленой массы 500—600 ц с 1 га — 150—180 кг N, 50—60 кг P₂O₅ и 150—200 кг K₂O.

Кукуруза очень требовательна к почвенному плодородию. Она не переносит кислых почв, и без их известкования даже при внесении высоких норм органических и минеральных удобрений нельзя рассчитывать на получение хорошего урожая этой культуры. Кукуруза потребляет питательные вещества в течение всего периода вегетации — вплоть до наступления восковой спелости зерна. Однако наиболее интенсивное их поглощение наблюдается в период быстрого роста за сравнительно короткий промежуток времени — от выметывания метелок до цветения (табл. 45).

45. Динамика накопления сухого вещества и потребления основных элементов питания кукурузой, % максимального (данные Украинской сельскохозяйственной академии)

| Фаза развития | Сухое вещество | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|-------------------|----------------|-----|-------------------------------|------------------|
| 4—5 листьев | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| 9—10 листьев | 1,2 | 4,2 | 2,5 | 4,4 |
| Появление метелки | 24 | 44 | 33 | 69 |
| Цветение | 35 | 61 | 61 | 79 |
| Молочная спелость | 80 | 89 | 88 | 95 |
| Восковая спелость | 100 | 100 | 94 | 100 |
| Полная спелость | 94 | 93 | 100 | 82 |

Для получения высокого урожая кукурузы решающее значение имеет применение органических и минеральных удобрений, а в Нечерноземной зоне — и известкование кислых почв.

Кукуруза очень отзывчива на внесение навоза и других органических удобрений. По многолетним опытным данным, применение навоза в средних нормах 40—60 т на 1 га повышает урожай зерна кукурузы на дерново-подзолистых и серых лесных почвах Полесья Украины на 8—10 ц, в степной зоне Украины — на 3—5, на черноземах Молдавии — на 5—6 ц на 1 га. С увеличением нормы навоза урожай кукурузы возрастает, особенно при выращивании на силос на менее плодородных почвах Нечерноземной зоны. В этих условиях целесообразно возделывание кукурузы в прифермских севооборотах, а также на постоянных участках при систематическом внесении высоких норм навоза и минеральных удобрений в сочетании с известкованием. Совместное применение навоза и минеральных удобрений обеспечивает получение хороших урожаев кукурузы при меньших нормах органического удобрения. При посеве кукурузы на плодородных почвах после хорошо унавоженных предшественников можно ограничиться внесением под нее одних минеральных удобрений.

В составе полного минерального удобрения на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, выщелоченных черноземах наиболее эффективны азотные удобрения. На обыкновенных, мощных и карбонатных черноземах наибольшие прибавки зерна получают от внесения фосфорных удобрений (и сочетания фосфора и азота), а калийные удобрения на этих почвах часто не оказывают положительные действия. На орошаемых посевах кукурузы Юга и Юго-Востока, особенно на каштановых почвах Поволжья, возрастает роль азота на фоне фосфора, а применение калия целесообразно на фоне высоких норм азотно-фосфорных удобрений.

Навоз, фосфорные и калийные удобрения следует вносить под зяблевую вспашку (или перепашку зяби в Нечерноземной зоне). Азотные удобрения лучше применять весной под предпосевную обработку почвы. Роль азота сильно возрастает при выращивании кукурузы как кормовой культуры, особенно когда при загущенном посеве предусматривается раннее использование зеленой массы.

Кукуруза очень медленно растет в первый месяц после всходов и поглощает ограниченное количество элементов питания. Однако недостаток доступных питательных ве-

ществ в этот период, особенно фосфора, отрицательно сказывается на дальнейшем развитии растений, снижает использование элементов питания из основного удобрения и почвы. Для обеспечения проростков кукурузы легкодоступными питательными веществами необходимо вносить небольшие дозы удобрений при посеве. При посеве кукурузы особенно эффективно местное внесение в гнезда небольшой дозы фосфора (5—7 кг P_2O_5 на 1 га) в виде гранулированного суперфосфата или аммофоса. Удобрения следует вносить отдельно от семян — на 4—5 см в стороны и на 2—3 см ниже семян, чтобы избежать вредного действия высокой концентрации почвенного раствора на проростки кукурузы.

Для обеспечения кукурузы элементами питания в период наиболее интенсивного роста в условиях достаточного увлажнения и при орошении в дополнение к основному удобрению можно провести подкормки азотом. За вегетационный период проводят 1—2 подкормки в дозах по 20—30 кг д. в. В подкормку удобрения вносят культиваторами-растениепитателями с заделкой на глубину 8—10 см во влажный слой почвы. Необходимо помнить, что перенесение в подкормку фосфорных удобрений (и калийных, за исключением легких почв) снижает их эффективность, особенно при недостатке влаги в почве. Роль основного удобрения возрастает в условиях возделывания кукурузы по индустриальной технологии, исключающей послевсходовые обработки.

Удобрение зерновых бобовых культур

Зерновые бобовые (горох, вика, соя, фасоль и др.) имеют огромное значение в решении проблемы производства растительного белка для пищевых и кормовых целей. Зерно и солома этих культур отличаются значительным содержанием белка. Благодаря способности в симбиозе с клубеньковыми бактериями усваивать молекулярный азот атмосферы, зерновые бобовые не обедняют почву азотом, лучше усваивают фосфор из труднорастворимых фосфатов, являются хорошим предшественником для других культур в севообороте.

В урожае зерновых бобовых содержится значительно больше питательных веществ, чем при таком же урожае хлебных злаков. Это видно из следующих данных, характе-

ризирующих вынос культурами азота, фосфора и калия (в кг на 10 ц зерна и соответствующее количество соломы):

| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|------------------------|----|-------------------------------|------------------|
| Овес, ячмень | 31 | 12 | 25 |
| Горох, вика | 65 | 15 | 18 |
| Люпин | 68 | 19 | 47 |

Максимальное накопление азота и калия у гороха и вики наблюдается в конце цветения, фосфора — при созревании. У культур с большим периодом вегетации, например у кормовых бобов и люпина, наибольшее количество всех основных элементов питания содержится к моменту созревания бобов на главном стебле.

Удобрение зерновых бобовых должно обеспечивать создание наиболее благоприятных условий для симбиотической азотфиксации. Связывание атмосферного азота бобовыми происходит в нейтральных почвах при условии заражения корней активными расами клубеньковых бактерий, достаточном уровне фосфорно-калийного питания и обеспеченности доступным молибденом — микроэлементом, принимающим участие в процессе азотфиксации. При кислой реакции среды и повышенном содержании в почве минерального азота образование клубеньков на корнях бобовых культур ограничивается и фиксация атмосферного азота снижается. В этом случае культуры формируют урожай в основном за счет азота почвы, количество остающегося в пожнивных и корневых остатках азота атмосферы не покрывает вынос этого элемента из почвенных запасов.

В благоприятных для азотфиксации условиях бобовые более полно (на $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$) обеспечивают свои потребности в азоте за счет усвоения его из воздуха и дают хороший урожай. С пожнивно-корневыми остатками зерновых бобовых в почву возвращается примерно столько же азота, сколько его используется этими культурами из почвы, т. е. складывается бездефицитный баланс азота. Оставшиеся в почве богатые азотом корневые и пожнивные остатки легко минерализуются, что и обеспечивает улучшение азотного питания следующих за ними культур севооборота.

Под зерновые бобовые культуры навоз обычно не вносится, однако соя, фасоль и вика хорошо отзываются на его применение. Урожай фасоли при внесении навоза повышается в среднем на 3 ц и более, а сои — на 2—5 ц на 1 га. Горох лучше всего размещать в севообороте после удобрявшихся навозом озимых или пропашных культур. Зерновые

46. Примерные нормы удобрений под сельскохозяйственные культуры на минеральных почвах среднего уровня плодородия

| Планируемая урожайность (ц с 1 га) по культурам | Норма навоза,* т на 1 га | Норма минеральных удобрений, кг на 1 га | | |
|--|--------------------------------|--|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Кукуруза на силос: | | | | |
| 300—350 | 30—40 | 50—70 | 60—80 | 50—70 |
| 400—450 | 40—50 | 70—100 | 80—100 | 70—90 |
| 500—550 | 50—60 | 90—120 | 100—120 | 110—140 |
| Горох и вика (зерно): | | | | |
| 15—16 | — | 20—30 | 45—60 | 40—60 |
| 18—20 | — | 30—40 | 60—80 | 60—80 |
| Однолетняя бобово-злаковая смесь (зеленая масса): | | | | |
| 150—200 | — | 20—30 | 60—80 | 40—60 |
| 250—300 | — | 30—60 | 80—100 | 60—90 |
| Клевер с тимофеевкой 1-го года пользования с преоб- ладанием клевера (сено): | | | | |
| 30—35 | — | 30 | 50—70 | 40—70 |
| 40—50 | — | 30—40 | 60—90 | 60—100 |
| Лен (волокно) по клевери- щу: | | | | |
| 5—6 | — | 20—35 | 50—70 | 70—90 |
| 8—10 | — | 35—60 | 70—90 | 90—120 |
| Картофель: | | | | |
| 130—150 | 20—40 | 50—70 | 50—70 | 60—80 |
| 160—200 | 20—40 | 60—80 | 60—90 | 60—90 |
| 210—250 | 30—50 | 80—100 | 80—100 | 90—120 |
| 260—300 | 40—60 | 90—120 | 80—100 | 120—140 |

* Или торфонавозного компоста.

бобовые (кроме люпина) чувствительны к повышенной кислотности почвы, поэтому кислые почвы необходимо известковать. Для получения высокого урожая зерновых бобовых культур необходимы обработка семян нитрагином для заражения их клубеньковыми бактериями и молибденовые удобрения на почвах с низким содержанием доступных форм этого микроэлемента — прежде всего на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и выщелоченных черноземах.

Фосфорные и калийные удобрения в дозе 45—60 кг д. в. (табл. 46) на 1 га следует вносить под зерновые бобовые с осени под зяблевую вспашку (калийные удобрения на легких почвах — под культивацию). Из фосфорных удобрений

наряду с суперфосфатом на дерново-подзолистых почвах и выщелоченных черноземах можно применять фосфоритную муку. Особенно эффективно внесение ее под люпин и горох, которые лучше способны усваивать фосфор из труднорастворимых фосфатов.

Внесение до посева небольшой нормы азотных удобрений (20—40 кг N на 1 га) благоприятно для обеспечения азотного питания растений в первый период роста, когда клубеньки еще не образовались. Увеличение норм азотных удобрений может оказать положительное действие на урожай зерновых бобовых на малоплодородных дерново-подзолистых почвах. Однако при высоких нормах минерального азота (свыше $\frac{1}{3}$ общего выноса азота с урожаем) могут снижаться относительные размеры азотфиксации, хотя абсолютное количество усвоенного растениями азота из атмосферы при этом остается на прежнем уровне или даже несколько возрастает. Усиленное снабжение минеральным азотом может также привести к сильному развитию у большинства зерновых бобовых вегетативной массы и затягиванию созревания, что способствует усиленному развитию сорняков, угнетающих посевы.

Внесение небольшой дозы гранулированного суперфосфата (10—15 кг P_2O_5 на 1 га) в рядки при посеве обеспечивает питание растений фосфором в начальный период роста.

Удобрение многолетних трав

В полевых и прифермских (кормовых) севооборотах Нечерноземной зоны, а также в увлажненных районах Черноземной зоны распространены посевы клевера красного (одного или совместно с тимофеевкой), что позволяет получать высокопитательный белковый корм для животных и способствует повышению плодородия почвы в результате накопления азота в пожнивных и корневых остатках клевера. Многолетние травы — хороший предшественник для озимых хлебов, льна и других культур.

На кислых почвах при выращивании клевера и клевера с тимофеевкой необходимо известкование. При внесении известки повышается урожай трав и возрастает доля клевера в травостое.

На кислых почвах клевер угнетается и выпадает, в травостое начинают преобладать тимофеевка и разнотравье, при этом урожай и качество кормов снижаются, падает накопление азота за счет азотфиксации.

Удобрение многолетних трав в севообороте начинается с удобрения покровной культуры. Внесение навоза под покровную озимую культуру на дерново-подзолистых почвах и на черноземах обеспечивает увеличение продуктивности всего звена севооборота — повышается урожай зерна, трав и возделываемой по пласту культуры. Под яровые покровные культуры предусматривается внесение до посева повышенных норм фосфорно-калийных удобрений (см. табл. 47). Заделанные под вспашку фосфорно-калийные удобрения служат хорошим источником элементов питания для клевера после уборки покровной культуры и в последующий период. Если под покровную культуру не было возможности применять удобрения, то их можно вносить в подкормку после уборки покровной культуры или рано весной по травам первого года пользования. Эффективность фосфора и калия при поверхностном внесении в подкормку ниже, чем при глубокой заделке в почву перед посевом покровной культуры, особенно в условиях недостаточной влагообеспеченности (табл. 47).

47. Влияние способов применения фосфорно-калийных удобрений на урожай клеверного сена

| Место проведения опыта и почвы | Прибавка урожайности сена, ц на 1 га | |
|--|--------------------------------------|------------------------|
| | РК под покровную культуру | РК поверхностно весной |
| Семеновский опорный пункт (Горьковская область), супесчаные подзолистые | 18,2 | 8,9 |
| Горьковская государственная областная сельскохозяйственная опытная станция, серые лесные | 11,6 | 6,4 |
| Уральская опытная станция, тяжело-суглинистые подзолистые | 6,8 | 3,4 |
| Опорный пункт ВНИИ сахарной свеклы, выщелоченные черноземы | 5,8 | 3,4 |

Урожай сена и семян клевера можно значительно повысить внесением борных и молибденовых удобрений. На малоплодородных дерново-подзолистых почвах целесообразна подкормка травостоя с преобладанием тимopheевки небольшими дозами азотных удобрений в периоды быстрого отрастания трав. Внесение азотных удобрений в повышенных количествах благоприятно сказывается на росте и развитии

тимофеевки и разнотравья, однако при этом в составе травостоя уменьшается доля клевера, снижаются размеры накопления им азота из атмосферы.

Удобрение льна-долгунца

Основные площади возделывания льна-долгунца сосредоточены в зоне дерново-подзолистых почв. Лен не переносит повышенной кислотности, оптимальная реакция для него рН 5,5—6,5. Лен хорошо отзывается на умеренное известкование почв с повышенной кислотностью, однако при внесении высоких норм извести страдает от недостатка бора (поражается бактериозом), в результате чего снижается урожай и ухудшается качество волокна. На таких почвах эффективно внесение борсодержащих удобрений.

Известкование в севооборотах со льном рекомендуется проводить пониженными нормами — не свыше $2/3$ — $3/4$ от полной нормы, устанавливаемой по гидролитической кислотности. Норма извести определяется с учетом состава других возделываемых в севообороте культур, а также механического состава почвы.

Лен имеет слаборазвитую корневую систему и не может усваивать труднорастворимые формы питательных веществ из почвы, поэтому весьма требователен к наличию в почве доступных форм питательных веществ и отзывчив на внесение минеральных удобрений.

При урожае волокна 10 ц с 1 га лен потребляет около 80 кг N, 40 кг P_2O_5 и 70 кг K_2O .

У льна четко выражены максимумы потребления питательных веществ, а также критические периоды потребности в отдельных элементах минерального питания в течение вегетации.

От всходов до бутонизации лен растет медленно и поглощает относительно небольшую долю необходимого количества питательных веществ (около 30% азота и калия, до 20% фосфора от максимального их содержания в урожае). Критический период в потреблении фосфора у льна — от всходов до образования 5—6 пар листочков. Дефицит фосфора в это время отрицательно влияет на развитие льна и вызывает снижение урожая соломы и семян. В первый период вегетации лен чувствителен также к недостатку азота и калия.

Критический период в азотном питании льна — время от фазы «елочки» до бутонизации. Однако избыток азота

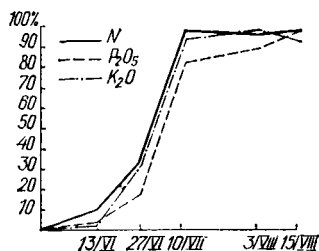


Рис. 9. Динамика поглощения питательных веществ льном (по А. М. Брагину):

13.06 — фаза «елочки»; 27.06 — начало бутонизации; 10.07 — цветение; 3.08 — молочная спелость; 15.08 — молочно-восковая спелость.

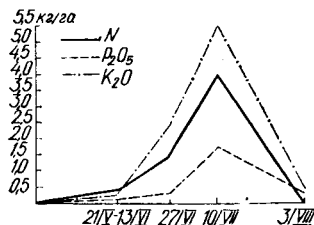


Рис. 10. Среднесуточное поглощение элементов питания льном (по А. М. Брагину):

21.05—13.06 — от всходов до фазы «елочки»; 13.06—27.06 — от фазы «елочки» до бутонизации; 27.06—10.07 — от бутонизации до цветения; 10.07—3.08 — от цветения до молочной спелости.

в первую половину вегетации отрицательно влияет на качество волокна и увеличивает склонность льна к полеганию.

Максимальное количество азота, фосфора и калия (60—65%) лен поглощает за короткий промежуток времени — примерно две недели — в период бутонизации и цветения (рис. 9, 10).

В севооборотах лен чаще всего размещают по пласту многолетних трав, а также по мягкой пахоте или обороту пласта. Поэтому применение удобрений под лен в значительной степени зависит от урожая трав и состава травостоя, удобрения предшественника. При выращивании льна после клевера или других многолетних трав с высокой долей бобовых в травостое вносятся меньшие нормы азотных удобрений. В то же время возрастает потребность в применении повышенных норм фосфорных и калийных удобрений, особенно если они вносились в ограниченных количествах под покровную культуру или в подкормки трав. Лен, идущий по мягким почвам, удобряют большей нормой азота.

Внесение органических удобрений непосредственно под лен не рекомендуется, так как они увеличивают его засоренность, вызывают пестроту стеблестоя и приводят к снижению качества волокна.

Важное значение имеет правильное распределение органических и минеральных удобрений в севооборотах со льном (табл. 48).

Фосфорные и калийные удобрения под лен вносят с осе- и юд глубокую вспашку. Высокий эффект дает внесение

48. Схема системы удобрения в льняном севообороте
(по И. В. Гулякину)

| Культура | До посева | | | | При посеве | | После посева |
|-----------------------------|-----------|--------|----------|---------|------------|----------|--------------|
| | навоз | N | P_2O_5 | K_2O | N | P_2O_5 | N |
| Вика с овсом | 20—30 | 30—40 | 40—60 | 30—40 | — | 10 | — |
| Озимые с подсевом трав | — | 30—40 | 150—200 | 150—200 | — | 10 | 40—60 |
| Травы 1-го года пользования | — | — | — | — | — | — | — |
| Травы 2-го года пользования | — | — | — | — | — | — | — |
| Лен | — | 30—50 | 100—150 | 100—150 | — | 10 | — |
| Картофель | 20—30 | 80—120 | 80—100 | 120—150 | 20 | 20 | — |
| Яровые колосовые | — | 60—80 | 60—80 | 60—80 | — | 10 | — |

Примечание. Нормы навоза указаны в т, N, P_2O_5 и K_2O — в кг на 1 га. При такой обеспеченности удобрениями и высокой агротехнике можно получить с 1 га на среднесуглинистых почвах Нечерноземной зоны 25—30 ц зерновых, 80—100 ц сена трав за 2 года пользования, 200—250 ц позднего картофеля и 6—10 ц волокна льна.

небольшой дозы гранулированного суперфосфата (10 кг P_2O_5 на 1 га) в рядки при посеве.

Азотные удобрения до посева вносят под предпосевную обработку. При высоких нормах азотных удобрений лучше половину их внести до посева и остальную дозу — в подкормку в фазе «елочки» (вопрос о подкормке решается в зависимости от состояния травостоя и организационно-хозяйственных условий). Внесение до посева по пласту трав свыше 30—50 кг N и по мягкой пахоте больше 45—70 кг N на 1 га может вызвать полегание льна.

Применение минеральных удобрений влияет не только на урожай льна, но и на качество получаемой продукции. Фосфорные и калийные удобрения повышают урожай и улучшают его качество — увеличиваются выход, длина и прочность волокна. Обильное, особенно одностороннее — при недостатке фосфора и калия, питание азотом может вызвать полегание льна, снижение доли луба в соломе и уменьшение выхода волокна. При достаточном уровне фосфорно-калийного питания льна под влиянием азота повышается урожай и сохраняется высокое его качество. Существенных различий в действии выпускаемых форм азотных удобрений на лен не наблюдается. Из фосфорных удобрений наряду с суперфосфатом в основное удобрение льна на

умеренно известкованных кислых почвах можно применять фосфоритную муку (в полторных или удвоенных дозах фосфора по сравнению с суперфосфатом). Хлористый калий при осеннем внесении практически равноценен серно-кислому калию, а сильвинит и калийные соли, содержащие большое количество хлора, уступают им по эффективности.

Удобрение картофеля

Картофель — важнейшая продовольственная, кормовая и техническая культура. Основные площади посевов картофеля расположены в центральных и северо-западных областях европейской части СССР — в Нечерноземной и лесостепной зонах, наиболее благоприятных для его возделывания.

Оптимальная реакция среды для картофеля — рН 5,5—6,0, хотя он способен лучше других полевых культур переносить слабокислую реакцию. Картофель хорошо отзывается на известкование сильно- и среднекислых почв умеренными нормами известки. При известковании почвы полной нормой — по гидролитической кислотности — картофель может сильно поражаться паршой, что снижает его товарные и продовольственные качества. Однако в севооборотах Нечерноземной зоны наряду с картофелем (и льном) выращивают культуры, строго требовательные к нейтральной реакции среды. Без известкования кислых почв невозможно обеспечить получение устойчивых высоких урожаев таких культур, как пшеница, ячмень, клевер, кукуруза, корнеплоды и т. д. Поэтому при наличии даже двух-трех полей картофеля лучшая суммарная продуктивность севооборота достигается при известковании кислых почв по 2/3—3/4 полной нормы по гидролитической кислотности.

Картофель потребляет значительно больше питательных веществ, чем зерновые культуры и лен, но меньше, чем сахарная свекла и кормовые корнеплоды.

При высокой агротехнике в основной зоне возделывания с урожаем картофеля на каждые 100 ц клубней и соответствующее количество ботвы выносятся 40—60 кг N, 15—20 кг P₂O₅ и 70—90 кг K₂O.

Картофель обладает относительно слабо развитой корневой системой и в первый период роста плохо усваивает труднорастворимые питательные вещества из почвы. Это обуславливает повышенную отзывчивость картофеля на внесение удобрений.

49. Потребление питательных веществ разными сортами картофеля
(по Т. Н. Кулаковской)

| Сорт, урожайность | Фаза развития | Азот | | Фосфор | | Калий | |
|---|--------------------|--------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|
| | | кг с 1 га | % | кг с 1 га | % | кг с 1 га | % |
| Зазерский, среднеспелый, 230 ц с 1 га | Всходы | 4,6 | 4,5 | 1,2 | 3,3 | 8,3 | 4,6 |
| | Начало бутонизации | 30 | 29 | 6,7 | 19 | 53 | 29 |
| | Цветение | 60 | 59 | 13 | 37 | 83 | 46 |
| Скороспелка 1, ранний, 180 ц с 1 га | Уборка | 101 | 100 | 36 | 100 | 181 | 100 |
| | Всходы | 3,7 | 3,9 | 0,9 | 3,1 | 6,9 | 3,9 |
| | Начало бутонизации | 28 | 30 | 5,9 | 21 | 48 | 27 |
| | Цветение | 84 | 88 | 19 | 66 | 149 | 84 |
| | Уборка | 96 | 100 | 29 | 100 | 177 | 100 |

Поглощение элементов питания картофелем происходит в течение всего вегетационного периода, более быстрыми темпами потребления питательных веществ обладают ранние сорта (табл. 49).

Наибольшее количество питательных веществ поглощается скороспелыми сортами картофеля во время бутонизации и цветения, а средне- и позднеспелыми — в период интенсивного роста ботвы и начала клубнеобразования. Достаточное снабжение растений всеми основными элементами питания в этот период имеет исключительное значение для формирования урожая. Избыточное, особенно одностороннее, питание азотом вызывает израстание в ботву и задерживает клубнеобразование. На образование клубней используются питательные вещества, как поступающие в этот период из почвы и удобрения, так и ранее накопленные в ботве. Вследствие реутилизации питательных веществ к моменту уборки картофеля в клубнях содержится около 80% азота, 90% фосфора и практически весь калий.

Эффективность удобрений зависит от почвенно-климатических условий, уровня агротехники и сорта картофеля.

Наибольшие прибавки урожая картофеля от удобрений получают на дерново-подзолистых почвах западных, северо-западных и центральных районов РСФСР. Первое место по эффективности на дерново-подзолистых почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах занимают азотные удобрения. Фосфор на этих почвах нередко действует сильнее, чем калий (табл. 50).

50. Действие минеральных удобрений на урожай картофеля

| Почвы | Урожайность без удобрений, ц с 1 га | Прибавка урожайности, ц на 1 га, от | | | | Число опытов |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|----|----|-----|--------------|
| | | N | P | K | NPК | |
| Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные | 98 | 26 | 12 | 17 | 50 | 76 |
| Дерново-подзолистые суглинистые | 102 | 18 | 16 | 17 | 44 | 127 |
| Серые лесные | 159 | 48 | 10 | 9 | 73 | 6 |
| Выщелоченные черноземы | 86 | 20 | 18 | 5 | 44 | 30 |

На обыкновенных и мощных черноземах часто на первом месте по эффективности стоит фосфор, на втором — азот. Несмотря на большое потребление картофелем калия, эффективность калийных удобрений на большинстве почв слабее, чем азотных, а часто и фосфорных удобрений. Потребность в калии увеличивается при внесении высоких норм азота и фосфора. В то же время на пойменных и торфяных почвах калийные удобрения по эффективности занимают первое, на песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почвах — второе место после азотных. На этих почвах необходимо вносить более высокие нормы калийных удобрений даже при применении навоза.

Картофель хорошо отзывается на внесение навоза на всех почвах, но наиболее высокие прибавки урожая от навоза получают на дерново-подзолистых почвах, особенно песчаных и супесчаных. На мощных черноземах южных и юго-восточных районов страны эффективность навоза значительно ниже.

Средняя норма навоза под картофель на дерново-подзолистых почвах — 30—40 т на 1 га, на черноземах — 15—20 т на 1 га. Наряду с навозом под картофель можно вносить торфонавозные, торфожижевые, торфофекальные и другие компосты.

Наиболее высокие прибавки урожая картофеля получают при совместном внесении навоза или компостов с минеральными, прежде всего с азотными и азотно-фосфорными удобрениями.

На фоне высоких норм навоза (30—40 т и более на 1 га) на хорошо окультуренных почвах можно ограничиться внесением только азотных или азотно-фосфорных удобрений. Если навоз под картофель не вносят, то необходимо приме-

51. Система удобрения в полевом севообороте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве (по И. В. Гулякину)

| Культура | До посева | | | | При посеве | | После посева |
|---------------------------|-----------|--------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|----|--------------|
| | навоз | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | P ₂ O ₅ | N | N |
| Вика с овсом | 20—30 | 30—40 | 30—40 | 30—50 | 10 | — | — |
| Рожь | — | 30—40 | 60—80 | 40—60 | 10 | — | 37—60 |
| Ячмень с подсевом клевера | — | 40—60 | 80—100 | 120—150 | 10 | — | — |
| Клевер | — | — | — | — | — | — | — |
| Озимая пшеница | — | 30—40 | 60—80 | 40—70 | 10 | — | 40—80 |
| Картофель | 20—30 | 80—120 | 80—100 | 120—160 | 20 | 20 | — |
| Вика с овсом | 20—30 | 30—40 | 40—60 | 50—60 | 10 | — | — |
| Озимая пшеница | — | 30—50 | 60—80 | 40—60 | 10 | — | 60—80 |
| Овес | — | 50—80 | 60—80 | 60—80 | 10 | — | — |

Примечание. Нормы навоза указаны в т; N, P₂O₅, K₂O — в кг на 1 га. Указанное количество удобрений может обеспечить урожайность зерновых 25—30 ц и картофеля 200—250 ц с 1 га.

нять полное минеральное удобрение в повышенных количествах. Ранние сорта картофеля характеризуются более интенсивным потреблением питательных веществ и сильнее реагируют на удобрение. Поэтому нормы минеральных удобрений на фоне навоза должны быть выше под ранние, чем под поздние, сорта картофеля. При этом особенно важно выбрать правильное соотношение между отдельными видами удобрений. Для получения ранней товарной продукции необходим более высокий уровень фосфорного питания растений.

Средние нормы минеральных удобрений на фоне органических удобрений под картофель в севооборотах дерново-подзолистой зоны приведены в таблице 51, а на черноземах — в таблице 52.

Навоз и другие органические удобрения, фосфорные и калийные минеральные удобрения лучше всего вносить с осени под зяблевую вспашку. Только на легких почвах в районах достаточного увлажнения весеннее внесение удобрений дает лучшие результаты, чем осеннее, что объясняется вымыванием калия из почвы.

Азотные удобрения целесообразно вносить весной под перепахку зяби или предпосевную культивацию. Аммонийные и аммиачные формы удобрений можно применять также с осени.

52. Система удобрения в полевых севооборотах на черноземах лесостепной зоны (по И. В. Гулякину)

| Культура | До посева | | | | При посеве | | После посева |
|----------------|-----------|---------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|----|--------------|
| | навоз | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | P ₂ O ₅ | N | N |
| Горох | — | — | 30—40 | 50—70 | 10 | — | — |
| Озимая пшеница | — | 30—40 | 40—60 | 40—50 | 10 | — | 40—60 |
| Кукуруза | 20—30 | 100—120 | 60—80 | 80—100 | 5 | 2 | — |
| Ячмень | — | 60—80 | 80—100 | 100—120 | 10 | — | — |
| Клевер | — | — | — | — | — | — | — |
| Озимая пшеница | — | — | 60—70 | 40—60 | 10 | — | 40—60 |
| Картофель | 20—30 | 100—120 | 60—80 | 100—120 | 20 | 20 | — |
| Подсолнечник | — | 100—120 | 60—90 | 100—120 | 10 | — | — |
| Вика с овсом | 20—30 | — | 40—60 | 50—90 | 10 | — | — |
| Озимая пшеница | — | 30—40 | 40—60 | 40—60 | 10 | — | 40—60 |
| Овес | — | 40—60 | 40—60 | 40—60 | 10 | — | — |

Примечание. Нормы навоза указаны в т; N, P₂O₅, K₂O—в кг на 1 га. При таком количестве удобрений, правильной агротехнике, способствующей накоплению и сохранению воды в почве, можно выращивать урожай зерновых колосовых культур 25—35 ц, кукурузы 50—70 ц, картофеля 200—250 ц и подсолнечника 20—25 ц с 1 га.

Большое значение для обеспечения более благоприятных условий питания в начальный период роста имеет локальное внесение удобрений в лунки при посадке картофеля. При посадке в гнезда вносят гранулированный суперфосфат и аммиачную селитру, а также сложные и комплексные удобрения из расчета 20—30 кг д. в. NPK на 1 га.

На песчаных и супесчаных почвах часть азота и калия (1/4 — 1/3 общей нормы) целесообразно перенести в подкормку. На других почвах перенесение части удобрений из основного в подкормку, как показывают опыты, вызывает снижение эффективности. Поэтому вносить удобрения в подкормку картофеля следует только, если они не применялись в достаточном количестве до посева. Для подкормки картофеля можно использовать местные удобрения — навозную жижу (5—10 т на 1 га), птичий помет (5—8 ц на 1 га), которые вносят с немедленной заделкой в почву при рыхлении междурядий.

Под картофель в равной степени применимы все формы промышленных азотных удобрений. На кислых почвах наряду с суперфосфатом в основное удобрение можно применять фосфоритную муку (в полупорных или удвоенных дозах по сравнению с суперфосфатом), а также другие

фосфорные удобрения. По своему действию на урожай картофеля сульфатные и хлористые формы калийных удобрений как при разовом, так и длительном применении в севообороте практически равноценны. Однако хлористые формы калийных удобрений могут снижать относительное содержание крахмала в клубнях картофеля. Внесение хлорсодержащих калийных удобрений с осени в значительной мере устраняет вредное действие хлора на картофель (в результате вымывания хлора из почвы с осадками).

Под влиянием фосфорных удобрений относительное содержание крахмала в клубнях может повышаться, а под влиянием азотных — несколько снижаться. Однако вследствие увеличения урожая картофеля при применении удобрений валовой сбор крахмала с единицы площади всегда возрастает.

Удобрение сахарной свеклы

Сахарная свекла выращивается в различных почвенно-климатических зонах страны, но основные площади посевов фабричной сахарной свеклы сосредоточены в Центрально-Черноземных районах РСФСР и лесостепной зоне Украины.

Для сахарной свеклы оптимальная реакция почвы близка к нейтральной или слабощелочная (рН 6,5—7,5). Поэтому даже слабокислые серые лесные и дерново-подзолистые почвы необходимо известковать. Так как при известковании снижается подвижность и доступность растениям бора почвы, целесообразно применение под сахарную свеклу борсодержащих удобрений. Недостаток бора вызывает у сахарной свеклы, как и у других корнеплодов, гниль сердечка — заболевание, полностью устраняемое внесением бора.

По выносу питательных веществ сахарная свекла занимает одно из первых мест среди полевых культур. При урожае 400 ц с 1 га свекла потребляет 180 кг N, 55 кг P₂O₅ и 250 кг K₂O. Вынос элементов питания сахарной свеклой на 100 ц корней и соответствующее количество ботвы может изменяться в широких пределах в зависимости от почвенно-климатических условий, уровня и структуры урожая. Большее потребление питательных веществ на образование равного урожая сахарной свеклой в Нечерноземной зоне, чем в районах черноземных почв, объясняется прежде всего различиями в структуре урожая. На черноземах формируется меньшее количество ботвы на каждые 100 ц корней сахарной свеклы.

Потребление элементов питания сахарной свеклой происходит на протяжении всего периода вегетации, почти до уборки. В начальный период роста она поглощает относительно небольшое количество азота, фосфора и калия. Но корневая система в это время еще слабо развита и молодые растения очень чувствительны к недостатку доступных питательных веществ в почве, особенно фосфора. В дальнейшем потребление питательных веществ резко усиливается и достигает максимума в основной зоне свеклосеяния в июле—августе (табл. 53).

53. Потребление питательных веществ сахарной свеклой, % от максимального содержания, при урожае 300 ц с 1 га (данные Рамонской опытной станции)

| Элемент питания | Время определения | | | | | | |
|-----------------|-------------------|------|----|------------|----------|-----|-----------|
| | 10 июня | 1 | 23 | 15 августа | 1 | 20 | 5 октября |
| | | июля | | | сентября | | |
| Азот | 20 | 54 | 72 | 91 | 98 | 100 | 91 |
| Фосфор | 13 | 35 | 50 | 66 | 74 | 98 | 100 |
| Калий | 16 | 46 | 53 | 72 | 73 | 93 | 100 |

В период интенсивного роста листьев сахарная свекла потребляет особенно много азота. При формировании корнеплода и сахаронакопления требуется умеренное азотное, но повышенное фосфатное и особенно калийное питание растений.

В Нечерноземной зоне при более коротком вегетационном периоде потребление элементов питания сахарной свеклой происходит в более сжатые сроки, а основное количество питательных веществ используется в течение августа — сентября.

Лучшие условия питания сахарной свеклы в течение всего периода вегетации обеспечивает применение органических и минеральных удобрений. Сахарная свекла — одна из наиболее отзывчивых сельскохозяйственных культур на совместное внесение навоза и минеральных удобрений.

Особенно велико значение навоза и минеральных удобрений для получения высокого урожая сахарной свеклы в Нечерноземной зоне на бедных дерново-подзолистых почвах. Непосредственное внесение навоза под свеклу вместе с минеральными удобрениями дает более высокие прибавки урожая, особенно на легких супесчаных почвах, а также на

54. Примерные нормы основного удобрения под сахарную свеклу

| Почвы | Нормы, кг на 1 га | | |
|---|-------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| <i>Западные и северо-западные районы основной зоны свеклосеяния</i> | | | |
| Серая лесная | 60—90 | 30—45 | 45—90 |
| Выщелоченный и оподзоленный чернозем | 45—60 | 45—60 | 45—90 |
| Мощный и обыкновенный чернозем | 45—60 | 60—90 | 45—60 |
| Солонцеватый чернозем | 45—60 | 60—90 | — |
| <i>Восточные и юго-восточные районы основной зоны свеклосеяния</i> | | | |
| Чернозем: | | | |
| выщелоченный | 30—45 | 30—60 | 30—60 |
| мощный | 30—45 | 45—90 | 30—45 |
| обыкновенный | 30—45 | 45—60 | 30—45 |
| солонцеватый | 30—45 | 45—90 | — |
| <i>Нечерноземная зона</i> | | | |
| Песчаный, супесчаный и легкий суглинок | 60—90 | 45—90 | 60—120 |
| Тяжелый суглинок и глина | 60—90 | 45—90 | 60—90 |
| Почвы поймы | 30—60 | 60—120 | 45—90 |
| Серая лесная | 45—90 | 45—60 | 45—60 |
| Торфяная | 30—45 | 30—60 | 60—120 |
| <i>Орошаемые районы</i> | | | |
| Каштановая | 60—120 | 60—100 | 60—90 |
| Серозем | 60—120 | 60—120 | 45—60 |
| Луговая | 45—60 | 60—120 | 30—45 |
| Солонцеватая | 50—100 | 60—100 | — |
| Чернозем мощный, обыкновенный и южный | 90—120 | 60—90 | 45—60 |

тяжелых почвах, склонных к заплыванию. При внесении навоза действие азотных удобрений обычно возрастает, а эффективность фосфорных и калийных удобрений уменьшается.

При выращивании свеклы на достаточно окультуренных почвах после хорошо удобренных навозом предшественников (кукуруза, картофель, озимая пшеница и др.) под нее можно вносить только минеральные удобрения. Нормы и эффективность отдельных видов удобрений зависят от почвенно-климатических условий и предшественника (табл. 54).

Навоз и фосфорно-калийные удобрения (за исключением небольших доз в рядки при посеве) вносят под сахарную свеклу в виде основного удобрения с осени под глубокую зяблевую вспашку плугом с предплужниками.

55. Влияние срока внесения и способов заделки азотных, фосфорных и калийных удобрений на урожай сахарной свеклы

| Опытная станция | Прибавка урожайности корней, ц на 1 га, при внесении удобрений | |
|------------------------|--|------------------------|
| | осенью под плуг | весной под культиватор |
| Харьковская (за 9 лет) | 65 | 27 |
| Ивановская (за 3 года) | 47 | 18 |
| Львовская (за 3 года) | 57 | 38 |

56. Влияние способов внесения удобрений на эффективность минеральных удобрений в годы с различным увлажнением (данные Харьковской опытной станции за 8 лет)

| Удобрения внесены | Прибавка урожайности корней, ц на 1 га | |
|---------------------------------|---|---|
| | в годы с нормальным количеством осадков | в годы резко засушливые в весенне-летний период |
| Осенью под плуг с предплужником | 78 | 55 |
| Весной под культиватор | 51 | 5 |
| Урожай без удобрений, ц с 1 га | 284 | 138 |

При внесении минеральных удобрений весной с мелкой заделкой под культиватор или борону эффективность их резко снижается, особенно в засушливые годы (табл. 55, 56).

Только на легких почвах в более увлажненных районах западных областей Украины и в Нечерноземной зоне калийные удобрения лучше вносить весной под предпосевную обработку вместе с азотными удобрениями.

В рядки при посеве на всех почвах (кроме солонцеватых) рекомендуется вносить полное минеральное удобрение: 10—15 кг N, 15—20 кг P₂O₅ и 10—15 кг K₂O на 1 га. Рядковое удобрение, улучшая условия питания и рост растений в начальный период, обеспечивает значительное повышение урожая сахарной свеклы. В рядки не следует вносить аммонийные формы азотных удобрений, поскольку в семенах сахарной свеклы имеется малый запас углеводов и проростки могут страдать от аммиачного отравления.

При обычной технологии возделывания сахарной свеклы для обеспечения растений питательными веществами в течение всей вегетации и получения высокого урожая корней (500 ц с 1 га и более) в дополнение к основному и рядковому удобрению возможно проведение подкормки в период вегетации. Подкормки свеклы могут применяться при высоких нормах удобрений в орошаемых районах, в Нечерноземной зоне и в западных и северо-западных районах основной зоны свеклосеяния. Однако подкормка не может заменить основного удобрения. Опыты показывают, что перенесение части удобрений из основного в подкормку при обычных нормах приводит к снижению урожая. Подкормка должна применяться только в дополнение к основному удобрению.

В основное удобрение под сахарную свеклу на почвах, насыщенных основаниями, можно применять все формы азотных удобрений. Для внесения в рядки на всех почвах лучшие результаты дает натриевая селитра.

На дерново-подзолистых почвах и выщелоченных черноземах эффективно применение фосфоритной муки, особенно в составе компостов с органическими удобрениями.

57. Система удобрения в зерносвекловичном севообороте (по И. В. Гулякину)

| Культура | До посева | | | | При посеве | После посева |
|--------------------------------|-----------|---------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------|
| | навоз | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | P ₂ O ₅ | N |
| Вика или горох с овсом на сено | — | 30—40 | 40—60 | 40—80 | 10 | — |
| Озимые | 20—30 | — | 60—80 | 40—60 | 10 | 60—80 |
| Свекла | — | 120—200 | 120—200 | 100—150 | 15 NPK | — |
| Яровые зерновые | — | 40—60 | 60—90 | 60—90 | 10 | — |
| Клевер | — | — | — | — | — | — |
| Озимые | — | — | 40—60 | 60—80 | 10 | 40—60 |
| Свекла | 15—25 | 100—150 | 90—150 | 90—150 | 15 NP | — |
| Кукуруза (на зерно) | — | 80—100 | 80—100 | 80—100 | 5 | — |
| Яровые зерновые | — | 60—80 | 60—80 | 60—80 | 10 | — |

Примечание. Нормы навоза указаны в т, N, P₂O₅, K₂O — в кг на 1 га. При высокой агротехнике и обеспеченности удобрениями на черноземах можно получить урожай зерновых 25—30 ц и сахарной свеклы 250—350 ц с 1 га. В случае худшей обеспеченности минеральными удобрениями до посева их вносят в меньших дозах или под отдельные зерновые яровые культуры дают только в рядки.

Лучшая форма калийных удобрений для сахарной свеклы — калийная соль, которая содержит натрий, положительно влияющий на урожай корнеплодов и содержание в них сахара. Положительное влияние на урожай и сахаристость свеклы на черноземах оказывают марганцевые удобрения.

Зона возделывания фабричной сахарной свеклы включает и основные районы выращивания озимой пшеницы, кукурузы на зерно и подсолнечника. В зерносвекловичных севооборотах минеральными удобрениями обеспечивают в первую очередь сахарную свеклу, но при этом решается одновременно и задача получения высоких устойчивых урожаев озимой пшеницы и кукурузы (табл. 57).

Удобрение хлопчатника

Основной зоной возделывания хлопчатника являются республики Средней Азии. Посевы хлопчатника размещены также в Казахстане, Армении и Азербайджане. Большая часть орошаемых посевов хлопчатника расположена на сероземах, а также луговых и лугово-болотных почвах. Систематическое применение больших норм минеральных удобрений под хлопчатник (в среднем около 350 кг д. в. на 1 га) обеспечивает получение высоких устойчивых урожаев.

На 1 т хлопка-сырца и соответствующее количество вегетативной массы растения потребляют в среднем 50 кг N, 15 кг P_2O_5 и 50 кг K_2O . Вынос элементов питания хлопчатником зависит от уровня урожая и его структуры. При высоких урожаях (45—50 ц с 1 га и более) соотношение между вегетативными и репродуктивными органами более благоприятное и потребление питательных веществ на 1 т хлопка-сырца меньше, чем при относительно низких урожаях.

От всходов до бутонизации хлопчатник растет медленно — за этот период формируется всего 4—5% органического вещества от максимального его накопления растениями. За время от бутонизации до цветения происходит наиболее интенсивный прирост сухой массы — образуется 25—30% органического вещества. Высокие темпы роста вегетативной массы сохраняются до начала созревания, а в последующем увеличение сухой массы происходит за счет образования репродуктивных органов. Потребление питательных веществ хлопчатником связано с ходом накопления сухого вещества и протекает **н**еравномерно. Как и другие растения, хлопчат-

ник чувствителен к недостатку фосфора и азота в первый период роста, хотя размеры потребления этих элементов питания за время от всходов до бутонизации составляют лишь 8—10% их выноса с урожаем. Наибольшее количество питательных веществ поглощается хлопчатником в период от начала цветения до массового созревания (табл. 58).

58. Потребление питательных веществ хлопчатником в течение вегетации, % общего выноса

| Период | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---|----|-------------------------------|------------------|
| От появления всходов до бутонизации с 17.04 по 13.06 | 8 | 8 | 10 |
| От бутонизации до плодообразования с 13.06 по 16.08 | 60 | 56 | 64 |
| От плодообразования до конца вегетации с 16.08 по 11.10 | 32 | 36 | 26 |

Наибольшую роль в повышении урожая хлопчатника играют азотные и фосфорные удобрения, меньшее значение на богатых калием сероземах имеют калийные удобрения. Эффективность калийных удобрений повышается с ростом урожая хлопчатника на фоне высоких норм азота и фосфора, а также в севооборотах с люцерной.

Для получения урожайности хлопка-сырца 35—40 ц с 1 га рекомендуются следующие примерные нормы удобрений (табл. 59).

В районах орошаемого земледелия на почвах с высокой нитрифицирующей способностью происходит интенсивная миграция азота. Во время поливов нитраты опускаются с

59. Примерные нормы удобрений под хлопчатник на различных почвах, кг питательных веществ на 1 га

| Почвы | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|-------------------|---------|-------------------------------|------------------|
| Темные сероземы | 140—165 | 110—120 | 40—45 |
| Темнолуговые | 120—145 | 120—130 | 60—80 |
| Типичные сероземы | 150—175 | 110—120 | 40—45 |
| ветлые сероземы | 160—185 | 110—120 | 40—45 |

водой в нижележащие горизонты почвы, а при подсыхании почвы в межполивные периоды поднимаются в верхние пересыхающие слои, что ограничивает использование азота растениями. В этих условиях происходят значительные потери азота удобрений из почвы в результате вымывания нитратов и в газообразной форме вследствие процессов денитрификации. Для снижения потерь и повышения эффективности азота удобрений важное значение имеют правильные сроки и способы внесения удобрений, соблюдение поливного режима, а также приемы, ограничивающие нитрификацию азота аммиачных удобрений и мочевины, в том числе использование ингибиторов нитрификации.

Все количество азотных удобрений (при норме до 100 кг N на 1 га) или большую их часть (при более высоких нормах) вносят под хлопчатник в подкормки при междурядных обработках в сочетании с поливами. До посева обычно вносят не более 1/3 общей нормы азота. Подкормку азотом проводят до фазы цветения, более позднее применение азота снижает зимостойкий урожай хлопка-сырца. Число подкормок и разовые дозы удобрений устанавливают исходя из общей их нормы с учетом количества азота, внесенного до посева, и состояния растений.

Основное количество фосфорных удобрений (3/4 общей нормы) под хлопчатник необходимо заделывать под вспашку. Глубина заделки имеет большое значение для эффективности фосфорных удобрений. В сероземах и луговых почвах фосфор интенсивно химически связывается с образованием труднорастворимых фосфатов кальция и малоподвижен. Корневая система хлопчатника уже в первые две недели после всходов проникает на глубину 40—50 см, а в период наибольшего потребления фосфора — от цветения до плодообразования — боковые корни в верхнем пересыхающем 10-сантиметровом слое отмирают и основная масса деятельных корней размещается в глубоких слоях почвы. Эффективность основного фосфорного удобрения на урожай хлопчатника можно значительно увеличить локальным внесением лентами на дно борозды при вспашке. Важное значение при возделывании хлопчатника имеет рядковое удобрение. Применение небольших доз фосфора (10—20 кг P_2O_5 на 1 га) совместно с азотом (5—10 кг на 1 га) при посеве повышает урожайность хлопчатника на 2—3 ц на 1 га.

Калийные удобрения применяют при ограниченных дозах в подкормки вместе с азотными и фосфорными удобрениями в период 5—6 листьев, бутонизации и начале цвете-

ния, а при больших нормах половину калия вносят под вспашку. При внесении удобрений в подкормку необходима возможно более глубокая их заделка во время междурядной обработки.

В хлопково-люцерновых севооборотах (2—3 года люцерны и 5—7 полей хлопчатника) в первые годы после распашки травяного пласта под хлопчатник применяют повышенные нормы фосфорных удобрений и калия. Так как люцерна способна накапливать в почве значительное количество азота, нормы его снижаются при выращивании хлопчатника по пласту и обороту пласта. По мере удаления хлопчатника от люцерны в севообороте нормы азотных удобрений возрастают, а фосфора и калия — несколько уменьшаются. Навоз (накопление его в хлопкосеющих районах ограничено) применяется в норме 10—15 т на 1 га обычно на четвертый-пятый год после распашки пласта люцерны (табл. 60)

60. Схема системы удобрения в хлопково-люцерновом севообороте (по И. В. Гулякину)

| Культура | До посева | | | | При посеве | | После посева | | |
|------------|-----------|-------|-------------------------------|------------------|------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|------------------|
| | навоз | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Люцерна | — | — | 100—120 | 50—90 | — | — | — | — | — |
| То же | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| » | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Хлопчатник | — | — | 70—80 | 30—40 | 5 | 10 | 40—50 | 20—30 | 20—30 |
| То же | — | — | 70—80 | 30—40 | 5 | 10 | 60—70 | 20—30 | 20—30 |
| » | — | 30—50 | 60—70 | 30—40 | 5 | 10 | 70—100 | 15—20 | 20—30 |
| » | 10 | 30—50 | 50—60 | — | 5 | 10 | 60—90 | 15—20 | 30—40 |
| » | — | 40—60 | 60—70 | — | 5 | 10 | 80—120 | 20—30 | 30—40 |
| » | 10 | 30—50 | 70—80 | — | 5 | 10 | 70—100 | — | 20—30 |
| » | 10 | 40—60 | 70—80 | — | 5 | 10 | 80—100 | — | 20—30 |

Примечание. Нормы навоза указаны в т на 1 га; N, P₂O₅, K₂O — в кг на 1 га.

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
УДОБРЕНИЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ АГРОХИМИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

**ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

Разнообразные пути и способы улучшения использования удобрений направлены в конечном счете на достижение основной цели — повышение урожайности культур и эффективности сельскохозяйственного производства. Для выбора и внедрения наиболее эффективных норм, форм, способов и сроков применения удобрений необходима их экономическая оценка.

Экономическая эффективность применения удобрений может определяться на разных уровнях: непосредственно в колхозах, совхозах, опытных хозяйствах и других предприятиях — хозяйственная эффективность; в районе, области, крае, республике и других регионах — региональная эффективность; по сельскому хозяйству в целом — отраслевая эффективность; в масштабе народного хозяйства — народнохозяйственная эффективность.

В каждом конкретном случае оценка проводится исходя из критерия и показателей народнохозяйственной эффективности. Ведь для отдельных предприятий и отрасли в целом экономически выгодно то, что эффективно для народного хозяйства. И, наоборот, то, что эффективно для народного хозяйства, должно быть выгодно и для отдельных предприятий.

Народнохозяйственная эффективность характеризуется повышением производительности общественного труда, которое выражается в росте объема производства продукции и национального дохода. Чем больше такой рост, тем выше народнохозяйственная эффективность.

Отраслевая эффективность также должна определяться по показателям объема производства продукции и национального дохода, созданного в данной отрасли. Но так как национальный доход в сельском хозяйстве практически не

рассчитывается, то вместо него используется показатель валового и чистого дохода. Тем самым устанавливается размер вклада отрасли в рост совокупной продукции общества и национального дохода, а значит, и в повышение народнохозяйственной эффективности.

Хозяйственная эффективность определяется сравнением результатов производства продукции с применением удобрений и без них на основе системы следующих основных показателей: выход продукции с единицы используемой земельной площади, производительность труда, себестоимость продукции, чистый доход и рентабельность производства. Эти показатели характеризуют влияние удобрений на конечные результаты производства продукции в хозяйстве при прочих равных условиях. Они взаимосвязаны и взаимообусловлены. Чем больше выход продукции и лучше ее качество, выше производительность труда, ниже себестоимость, больше чистый доход и выше рентабельность производства, тем выше экономическая эффективность применения удобрений.

Выход продукции и прибавка урожая от удобрений могут быть установлены разными способами.

Наиболее точные данные получают на основе проведения специальных опытов, когда сравнивают результаты возделывания сельскохозяйственных культур с применением удобрений и без них.

В обычных условиях производства прибавка урожая за счет удобрений может быть установлена на основе доли их участия в общем полученном урожае по формуле:

$$ПУ = У_{\phi} Д_{у} : 100,$$

где $У_{\phi}$ — фактическая урожайность в хозяйстве (районе, области, крае, республике, стране), ц с 1 га; $Д_{у}$ — доля участия удобрений во всем урожае, установленная на основе массовых полевых и производственных опытов в конкретных условиях, %.

Пример. Фактическая урожайность картофеля в хозяйстве при внесении 228 кг д. в. минеральных удобрений составила 230 ц с 1 га. Доля участия удобрений в общем урожае, установленная опытным путем для данных условий производства, равна 28%. Отсюда прибавка урожая за счет удобрений составляет 64,4 ц с 1 га. Оплата 1 кг д. в. удобрений урожаем равна 28,2 кг.

Прибавка урожая от удобрений может быть установлена также исходя из расчетной величины урожайности культуры без применения удобрений на основе балльной оценки качества почвы и цены одного балла в центнере продукции данного вида.

Пример. Хозяйство имеет оценку земли по зерновым культурам 50 баллов. Цена одного балла 0,3 ц с 1 га. Производство числа баллов на цену одного балла дает урожайность без удобрений 15 ц с 1 га. Фактическая же урожайность зерна в хозяйстве при внесении 75 кг д. в. удобрений составляет 19 ц с 1 га. Отсюда прибавка урожайности за счет удобрений — 4 ц с 1 га, оплата 1 кг д. в. удобрений урожаем — 5,3 кг.

Возможны и другие способы установления прибавки урожая от удобрений, например на основе корреляционно-регрессионного анализа, комбинационных группировок и т. п. Для этого требуются более массовые исходные данные по определенной совокупности хозяйств, применяющих разные дозы удобрений и получающих соответственно неодинаковый урожай сельскохозяйственных культур. Полученные при этом показатели используют обычно при расчетах не только в хозяйстве, но также в районе, области, крае и в других регионах.

Стоимость продукции определяется по средним фактическим ценам реализации продукции в хозяйстве по разным каналам и государственным закупочным ценам, действующим в данной зоне. При этом учитывают надбавки к ценам за более высокое качество продукции, полученное в результате применения удобрений.

Производительность труда — это дееспособность живого труда, то есть способность работников производить за определенное время работы определенное количество продукции. Измеряется она соответственно количеством продукции, произведенной в единицу рабочего времени, или, наоборот, количеством рабочего времени, например в человеко-часах, затраченного на производство единицы продукции.

Себестоимость выражается суммой затрат в денежной форме, отнесенных на единицу произведенной продукции. Она включает затраты предприятия на потребленные в процессе производства основные и оборотные средства и на оплату труда. Это основная и дополнительная заработная плата с начислениями, семена и посадочный материал, удобрения и пестициды, горючее и смазочные материалы, транспорт, электроэнергия, амортизация и текущий ремонт основных средств, общепроизводственные и общехозяйственные расходы. Себестоимость продукции рассчитывают по общепринятой методике, рекомендованной Министерством сельского хозяйства СССР*.

* Основные положения по планированию, учету и калькуляции себестоимости сельскохозяйственной продукции. М.: Колос, 1969.

Чистый доход представляет собой разность между стоимостью продукции по ценам реализации и затратами на ее производство или себестоимостью.

Рентабельность производства продукции определяют как отношение чистого дохода к себестоимости, выраженное в процентах.

Система названных основных показателей позволяет сделать достаточно полную и правильную экономическую оценку применения удобрений. Наиболее обобщающие из них — выход продукции и чистый доход, непосредственно характеризующие вклад предприятия в повышение отраслевой и народнохозяйственной эффективности. По ним и делается окончательный вывод.

При оценке способов применения удобрений, требующих дополнительных капитальных вложений в развитие материально-технической базы химизации сельскохозяйственного производства, определяют также срок окупаемости капиталовложений и коэффициент их эффективности. Чем меньше требуется капитальных вложений и быстрее окупаются дополнительные капиталовложения, тем выше экономическая эффективность способов применения удобрений.

Для более детальной оценки наряду с основными могут быть использованы дополнительные показатели эффективности: выход продукции на единицу питательных веществ удобрений, окупаемость дополнительных текущих производственных затрат на применение удобрений стоимостью прибавки урожая, себестоимость единицы прибавки урожая, рентабельность применения удобрений и др.

Следует отметить, что в практике нередко используется более простой и доступный способ экономической оценки применения удобрений на основе сопоставления двух показателей: дополнительных производственных затрат на применение удобрений (ДЗ) и стоимости прибавки урожая от них (ПУ).

Дополнительные затраты включают: стоимость удобрений; затраты на выполнение работ по их применению, начиная от приемки от поставщиков и кончая внесением на поля; затраты на уборку прибавки урожая.

Стоимость минеральных удобрений определяют по действующим оптовым ценам на них * плюс установленные наценки за доставку в хозяйство. Например, оптовая цена

* Прейскурант № 05-07. Оптовые цены на минеральные удобрения и химические средства защиты растений.— М.: Прейскурантиздат, 1980.

за 1 т аммиачной селитры — 53 руб., наценка за доставку в хозяйство в условиях РСФСР — 10,7 руб. Общая цена за 1 т селитры с учетом наценки за доставку в хозяйство (франко-хозяйство) составит 63,7 руб.

Стоимость органических удобрений устанавливают по общепринятой цене 1,5 руб за 1 т навоза.

Затраты на выполнение работ по применению удобрений определяют на основе действующих нормативов *, технологических карт по их применению или расчетным способом. Например, в условиях РСФСР такие затраты в среднем на 1 т незатаренных минеральных удобрений, взятые из указанных нормативов, составляют 6,7 руб., в том числе: хранение на складе хозяйства — 3,73 руб., подготовка к внесению—0,5 руб., затраты на внесение — 2,47 руб. Затраты на применение 1 т органических удобрений в данных условиях равны 1,4 руб.

Затраты на уборку прибавки урожая также могут быть взяты из действующих нормативов **, технологических карт по возделыванию сельскохозяйственных культур или установлены расчетным путем. Например, затраты на уборку 1 т прибавки урожая зерна составляют 5,6 руб., сахарной свеклы — 8,2 руб., подсолнечника — 9,1 руб., картофеля—13,3 руб., силосной массы — 1,3 руб., сена — 8,1 руб.

Стоимость прибавки урожая, как было сказано выше, устанавливается по средним фактическим ценам реализации продукции в хозяйстве или государственным закупочным ценам.

Разность между стоимостью прибавки урожая (ПУ) и дополнительными производственными затратами (ДЗ) дает чистый доход (ЧД), получаемый в результате применения удобрений:

$$ЧД = ПУ - ДЗ.$$

Чем больше такой доход и прибавка урожая на 1 га посевной площади, тем выше экономическая эффективность удобрений.

Отношение стоимости прибавки урожая к дополнительным затратам выражает их окупаемость: $0 = ПУ : ДЗ$.

* Министерство сельского хозяйства СССР. Нормативы затрат на доставку, хранение, подготовку и внесение в почву удобрений и мелiorантов.— М., 1979.

** Методические указания по определению экономической эффективности удобрений и других средств химизации, применяемых в сельском хозяйстве.— М.: Колос, 1979.

Этот показатель говорит о том, сколько на каждый рубль дополнительных затрат на применение удобрений получается дополнительной продукции в денежном выражении.

Отношение чистого дохода к дополнительным затратам, выраженное в процентах, определяет рентабельность применения удобрений:

$$P = \frac{ЧД}{ДЗ} \cdot 100.$$

Однако такой способ оценки характеризует эффективность лишь дополнительных затрат и не дает ответа на вопрос, как изменяются конечные показатели процесса производства продукции в результате применения удобрений. Более высокая окупаемость дополнительных затрат прибавкой урожая, как будет показано дальше, может не совпадать с лучшими конечными показателями производства продукции.

Поэтому такой способ оценки, особенно через показатели окупаемости дополнительных затрат прибавкой урожая и рентабельности применения удобрений, не должен без необходимости подменять собой более полную оценку по названным выше основным показателям, характеризующим влияние удобрений на улучшение конечных результатов процесса производства продукции. Если же этот более простой способ оценки является единственно доступным, то окончательный вывод делается по прибавке урожая и чистому доходу, получаемым в результате применения удобрений.

Рассмотрим конкретные примеры определения экономической эффективности применения удобрений.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ХОЗЯЙСТВЕ

Применение удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры. Для организации рационального использования удобрений необходимо знать, какой результат дает применение их под отдельные сельскохозяйственные культуры в конкретных условиях производства. Обоснованный вывод может быть сделан на основе предварительной проверки влияния удобрений на повышение урожайности, улучшение качества продукции и всесторонней экономической оценки.

61. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений под озимую пшеницу

| Показатели | Варианты | |
|---|--------------------------|------------|
| | контроль (без удобрений) | опыт (НРК) |
| Урожайность с 1 га (ц): | | |
| зерна | 16 | 44 |
| соломы | 24 | 66 |
| Стоимость урожая с 1 га (руб.) | 210 | 576 |
| Затраты труда (человеко-часов): | | |
| на 1 га | 29 | 64 |
| на 1 ц зерна | 1,6 | 1,3 |
| Рост производительности труда (%) | — | 23 |
| Производственные затраты на 1 га (руб.) | 197 | 272 |
| Себестоимость 1 ц зерна (руб.-коп.) | 11—00 | 5—52 |
| Снижение себестоимости (%) | — | 50 |
| Чистый доход (руб.-коп.): | | |
| на 1 га | 13—00 | 304—00 |
| на 1 руб. производственных затрат | 0—07 | 1—12 |
| Рентабельность производства продукции (%) | 7 | 112 |
| Скупаемость дополнительных производственных затрат прибавкой урожая (руб.-коп.) | — | 4—88 |

Такая оценка проводится по примерной схеме и показателям, представленным в таблице 61.

В качестве примера рассмотрен производственный опыт по выращиванию озимой пшеницы, проведенный в учхозе «Михайловское» (Московская область).

В опытном варианте были внесены минеральные удобрения: аммиачная селитра — 4,3 ц, суперфосфат гранулированный — 1,6 ц и хлористый калий — 1,2 ц на 1 га.

Затраты труда и материально-денежных средств рассчитаны на основе техники, технологии и организации выполнения работ, а также нормативов, действующих в данном хозяйстве. Превышение затрат труда и всех производственных затрат в расчете на гектар в опытном варианте обуславливается дополнительными расходами на применение минеральных удобрений и на уборку прибавки урожая.

Из анализа таблицы 61 видно, что применение минеральных удобрений под озимую пшеницу дает большой экономический эффект.

Оценка применения этих же удобрений может быть дана более простым способом. При этом устанавливают, с одной стороны, прибавку урожая в натуральном и денежном

выражении, с другой — дополнительные производственные затраты на применение удобрений и уборку прибавки урожая; не рассчитывают все затраты на возделывание озимой пшеницы в контроле и опыте. Затем определяют чистый доход на 1 га как разность между стоимостью прибавки урожая и дополнительными затратами. Эти два показателя — прибавка урожая и чистый доход на 1 га, получаемые в результате применения удобрений, и являются основными для характеристики их экономической эффективности. Кроме этих, могут быть установлены также дополнительные показатели эффективности.

| Показатели | Сумма |
|--|-------|
| <i>Основные</i> | |
| 1. Прибавка урожайности с 1 га (ц): | |
| зерна | 28 |
| соломы | 42 |
| 2. Стоимость прибавки урожая (руб.) | 366 |
| 3. Дополнительные производственные затраты на применение удобрений и уборку прибавки урожая на 1 га (руб.) | 75 |
| 4. Чистый доход на 1 га (руб.), (п. 2 — п. 3) | 291 |
| <i>Дополнительные</i> | |
| 5. Окупаемость дополнительных затрат стоимостью прибавки урожая (руб.), (п. 2:п. 3) | 4,88 |
| 6. Рентабельность применения удобрений (%), (п. 4:п. 3) · 100 | 388 |

Аналогичным способом проводится экономическая оценка применения удобрений под другие культуры. В результате может быть сделан сравнительный анализ эффективности применения удобрений под различные сельскохозяйственные культуры и выявлены наиболее эффективные варианты.

Оценка применения удобрений с учетом изменения качества продукции. Методика экономической оценки применения удобрений имеет специфические особенности, когда наряду с повышением урожая изменяется качество продукции.

Повышение качества сельскохозяйственной продукции можно рассматривать как увеличение ее потребительной стоимости. Поэтому оно должно быть отражено в более высоких ценах на продукцию. Так, для стимулирования производства и продажи государству пшеницы с повышенным содержанием клейковины действующим прејскурантом предусматривается соответствующая надбавка к закупочной цене.

Например, государственная закупочная цена 1 ц зерна озимой пшеницы для конкретной зоны без учета надбавки составляет 7,1 руб. При содержании сырой клейковины 28—31% установлена надбавка к закупочной цене в размере 30%, а при содержании клейковины 32% и выше такая надбавка составляет 50%. Следовательно, закупочная цена с учетом надбавки за клейковину в первом случае будет 9,23 руб., во втором — 10,65 руб.

С учетом этих надбавок и производится денежная оценка продукции в сравниваемых вариантах. Соответственно и остальные стоимостные показатели, используемые для экономической оценки, рассчитывают с учетом данного фактора. Кроме того, наряду с показателем себестоимости продукции в натуральном измерении используется также обратный показатель — выход продукции в денежном выражении с учетом надбавки за клейковину в расчете на рубль производственных затрат. Все это обеспечивает учет качества продукции и необходимую сопоставимость оцениваемых вариантов. Установленные таким способом стоимостные показатели являются решающими для окончательных выводов.

Обоснование оптимальных норм удобрений. Различные нормы и соотношения удобрений дают соответственно различные конечные результаты. В связи с этим возникает необходимость экономического обоснования оптимальных норм и соотношений удобрений, которые обеспечивают в конкретных условиях более высокую экономическую эффективность производства продукции. Такое обоснование дается по примерной схеме и показателям, представленным в таблице 62.

В качестве примера рассматриваются результаты опыта, проведенного на опытной станции «Барыбино» (Московская область). Опыт проведен в севооброде, типичном для данных условий. Картофель сорта Лорх, предшественник — овес. Почва дерново-подзолистая тяжелосуглинистая средне-окультуренная. Фон опыта: навоз 20 г на 1 га средней степени разложения. Минеральные удобрения вносили в форме аммиачной селитры, гранулированного суперфосфата и калийной соли.

Из анализа таблицы 62 можно сделать следующие выводы. По экономической эффективности, определяемой на основе системы показателей, отчетливо выделяются 6-, 9- и 12-й варианты. Из них лучшие конечные результаты производства картофеля в целом обеспечивает 12-й вариант:

62. Экономическая эффективность различных норм и соотношений минеральных удобрений под картофель

| Вариант опыта | Урожайность, ц с 1 га | Затраты труда на 1 ц, чел.-дней | Себестоимость 1 ц, руб.-коп. | Чистый доход, руб.-коп. | | | Рентабельность производства, % | Окупаемость дополнительных затрат прибавкой урожая, руб.-коп. |
|---|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------|------------------|--------------------------------|---|
| | | | | на 1 га | на 1 чел.-день | на 1 руб. затрат | | |
| 1. Контроль (навоз) | 140 | 0,30 | 5—80 | 168 | 4—00 | 0—21 | 21 | — |
| 2. N ₄₅ P ₄₅ | 206 | 0,24 | 4—23 | 570 | 11—45 | 0—65 | 65 | 7—70 |
| 3. P ₄₅ K ₄₅ | 160 | 0,28 | 5—24 | 282 | 6—34 | 0—34 | 34 | 5—38 |
| 4. N ₄₅ K ₄₅ | 183 | 0,26 | 4—66 | 429 | 9—11 | 0—50 | 50 | 7—53 |
| 5. N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ | 221 | 0,23 | 4—00 | 663 | 12—87 | 0—75 | 75 | 7—88 |
| 6. N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅ | 235 | 0,23 | 3—83 | 744 | 13—98 | 0—83 | 83 | 7—47 |
| 7. N ₄₅ P ₉₀ K ₄₅ | 225 | 0,23 | 3—98 | 680 | 13—05 | 0—76 | 76 | 7—17 |
| 8. N ₄₅ P ₄₅ K ₉₀ | 212 | 0,24 | 4—16 | 603 | 11—98 | 0—68 | 68 | 7—30 |
| 9. N ₉₀ P ₉₀ K ₄₅ | 239 | 0,23 | 3—82 | 761 | 14—14 | 0—83 | 83 | 6—93 |
| 10. N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀ | 225 | 0,23 | 3—99 | 677 | 12—97 | 0—75 | 75 | 6—92 |
| 11. N ₄₅ P ₉₀ K ₉₀ | 217 | 0,24 | 4—12 | 626 | 12—20 | 0—70 | 70 | 6—65 |
| 12. N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | 243 | 0,22 | 3—77 | 784 | 14—44 | 0—85 | 85 | 6—87 |

максимальный урожай и чистый доход, самые низкие затраты труда и себестоимость продукции, хотя по показателю окупаемости дополнительных производственных затрат прибавкой урожая он уступает другим вариантам. В условиях достаточной обеспеченности удобрениями данный вариант может быть принят как наиболее эффективный. На основе этого варианта могут быть разработаны соответствующие нормативы.

Более детальный анализ показывает, что высокоэффективен также вариант 6. По показателям эффективности производства продукции он лишь незначительно уступает вариантам 9 и 12. В то же время здесь израсходовано значительно меньше фосфорных и калийных удобрений. Поэтому в условиях недостатка удобрений, особенно фосфорных, предпочтение может быть отдано варианту 6. Экономленные удобрения можно использовать с большей эффективностью на других участках производства. Окончательные выводы и предложения по данному вопросу делают с учетом допустимых ошибок опыта. В рассмотренном примере приводятся все варианты опыта с целью сохранения принятой схемы,

Оценка систем удобрений в севообороте может быть рассмотрена на примере длительного опыта по изучению различных систем удобрения в 8-польном севообороте, проведенного кафедрой агрохимии ТСХА в учхозе «Дубки» (Московская область).

В севооборот входят: озимая пшеница, ячмень, овес, картофель, кормовые корнеплоды, кукуруза на силос, два поля многолетних трав на сено.

Изучали пять вариантов системы удобрений. Первый, контрольный вариант — рядковое удобрение, которое является фоном, норма внесения — 0,5 ц минеральных удобрений на 1 га по всей площади севооборота.

Во втором варианте наряду с рядковым удобрением вносился навоз под пропашные культуры по 10 т на 1 га пашни. Третий вариант — полное минеральное удобрение, в среднем 9,6 ц на 1 га пашни за ротацию севооборота. Четвертый вариант — сочетание половинных норм органических и минеральных удобрений: 5 т навоза и 4,8 ц минеральных удобрений на 1 га площади севооборота. Пятый вариант — сочетание полных норм органических и минеральных удобрений: 10 т навоза и 9,6 ц минеральных удобрений на 1 га.

Экономическая оценка систем удобрений проводится по примерной схеме и показателям, представленным в таблице 63.

В расчет принята фактическая урожайность всех сельскохозяйственных культур в среднем за полную ротацию севооборота, то есть за 8 лет. Учтен выход как основной, так и побочной продукции.

Выход валовой продукции всех культур в севообороте для сравнения установлен в сопоставимом измерении — в переводе на кормовые единицы и рассчитан на гектар всей площади севооборота.

Для расчета стоимостных показателей выход продукции установлен также в денежном выражении. При этом товарные виды продукции оценены по государственным закупочным ценам.

Продукция кормовых культур, на которую таких цен нет, оценена по закупочной цене на овес, к центнеру которого приравнивается центнер кормовых единиц.

Производительность труда установлена как выход валовой продукции севооборота в расчете на человеко-день всех затрат труда на возделывание и уборку всех сельскохозяйственных культур.

63. Экономическая эффективность различных систем удобрения
в севообороте

| Показатели | Система удобрения (вариант опыта) | | | | |
|---|-----------------------------------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Выход валовой продукции с 1 га (ц корм. ед.) | 17,9 | 31,0 | 33,6 | 34,5 | 39,9 |
| Производительность труда — выход продукции на 1 человеко-день (ц корм. ед.) | 1,74 | 2,12 | 2,14 | 2,13 | 2,19 |
| Себестоимость 1 ц корм. ед. (руб.-коп.) | 12—29 | 9—26 | 8—27 | 8—32 | 8—35 |
| Чистый доход (—убыток), (руб.-коп.): | | | | | |
| на 1 га | —16 | 57 | 99 | 95 | 108 |
| на 1 чел.-день | —1,55 | 3—90 | 6—31 | 5—86 | 5—93 |
| на 1 руб. затрат | —0—07 | 0—20 | 0—36 | 0—33 | 0,32 |
| Рентабельность производства (%) | —7 | 20 | 36 | 33 | 32 |
| Окупаемость дополнительных производственных затрат при прибавкой урожая (руб.-коп.) | — | 2—09 | 2—98 | 2—66 | 2—10 |

Для расчета себестоимости центнера кормовых единиц предварительно были рассчитаны производственные затраты на возделывание и уборку всех культур, а затем объединены в общие производственные затраты по севообороту. Затраты труда и средств установлены, исходя из фактического их уровня в данном хозяйстве.

Из анализа таблицы 63 можно сделать следующие выводы. Применение в севообороте одних органических удобрений увеличивает выход продукции на 73%, одних минеральных — на 88%, сочетания половинных норм органических и минеральных удобрений — на 93%, а сочетания полных норм органических и минеральных удобрений увеличивают выход продукции на 123%. Следовательно, по данному показателю наиболее эффективным является пятый вариант системы удобрения.

Аналогичное положение складывается также по показателям производительности труда, сумме чистого дохода на гектар пашни при одинаковой себестоимости продукции. По остальным показателям пятый вариант несколько уступает третьему и четвертому.

Таким образом, пятый вариант хотя и имеет преимущества по наиболее обобщающим показателям эффективности, все же они не столь велики. Так, прибавка урожая и рост

чистого дохода на гектар по сравнению, например, с четвертым вариантом составляют соответственно 5,4 ц корм. ед. и 13 руб., которые достигаются слишком дорогой ценой — дополнительным внесением 5 т навоза и 4,8 ц минеральных удобрений.

Поэтому окончательный вывод в данном случае может быть сделан с учетом всех преимуществ и недостатков сравниваемых вариантов и условий производства.

Для более детальной характеристики целесообразно в дополнение к анализу приведенных обобщающих показателей по севообороту в целом рассмотреть соответствующие показатели по отдельным культурам. Это позволит сделать выводы, необходимые для обоснования системы удобрения в хозяйстве.

Оценка применения удобрений по хозяйству в целом проводится сравнением результатов производства продукции на удобренных и неудобренных площадях. Фактические результаты на удобренных площадях находят свое отражение в отчетных документах. Результаты без удобрений устанавливаются на основе производственных опытов, проводимых непосредственно в хозяйстве. С этой целью в хозяйственных посевах оставляют неудобренные площади, где и определяют исходный урожай. Прибавка урожая по хозяйству в целом может быть установлена также показанными выше способами.

Сравнение проводят по растениеводству в целом, отдельным его отраслям и культурам. При необходимости может быть сделано сравнение и по всему сельскохозяйственному производству, включая другие отрасли.

Сравнительную оценку и выявление экономической эффективности применения удобрений в хозяйстве делают в основном по тем же показателям, что и в рассмотренных примерах. Особенности могут быть лишь в методах расчета.

Например, для оценки результатов по растениеводству в целом берут следующие основные показатели: выход валовой продукции в денежном выражении в расчете на гектар пашни и посевной площади; производительность труда — выход валовой продукции в расчете на человеко-час или человеко-день затраченного труда; выход валовой продукции на рубль производственных затрат; чистый доход и прибыль в расчете на гектар пашни и посевной площади, на человеко-час, на рубль производственных затрат; рентабельность производства; рентабельность применения удобрений.

Такие же показатели могут быть для оценки результатов в отдельных отраслях растениеводства: полеводства, овощеводства и др.

По отдельным культурам берут обычно следующие показатели: урожайность; затраты труда в человеко-часах на единицу продукции; себестоимость продукции; чистый доход и прибыль в расчете на гектар посевной площади, на человеко-час и на рубль производственных затрат; рентабельность производства и рентабельность применения удобрений.

Сравнивая по данным показателям результаты производства продукции на удобренных и неудобренных площадях, выявляют результаты, полученные за счет применения удобрений: прирост продукции, экономию труда и повышение производительности труда, экономию производственных затрат и степень снижения себестоимости продукции, прирост чистого дохода и прибыли, повышение рентабельности производства продукции.

Рентабельность применения удобрений определяют как отношение прироста чистого дохода и прибыли к затратам на применение удобрений. К таким затратам относятся стоимость удобрений и расходы на выполнение всех работ в хозяйстве по их применению.

К основным работам по применению минеральных удобрений относятся: получение от поставщиков и закладка на хранение, хранение на складе, погрузочно-разгрузочные работы, измельчение слежавшихся удобрений, смешивание, транспортировка и внесение.

В основные работы по применению органических удобрений входят: заготовка и закладка на хранение, приготовление компостов, погрузочно-разгрузочные работы, транспортировка и внесение.

Затраты на выполнение таких работ зависят от применяемой техники и ее использования, уровня механизации, технологии, типа складов и оборудования в них, расстояний транспортировки, доз внесения и других факторов. Поэтому они сильно варьируют по хозяйствам. Применение 1 т минеральных удобрений может обходиться примерно в 5—20 руб. (склад — франко-поле), органических — в 0,5—5 руб. и больше, не считая стоимости самих удобрений, которая устанавливается отдельно.

При необходимости экономическая оценка применения удобрений в хозяйстве может быть дана и более простым методом — на основе соизмерения дополнительных произ-

водственных затрат и стоимости прибавки урожая. Дополнительные затраты, как было показано выше, включают затраты на применение удобрений и уборку прибавки урожая. Отношение стоимости прибавки урожая к дополнительным затратам характеризует их окупаемость и показывает, сколько получено дополнительной продукции на рубль дополнительных затрат, связанных с применением удобрений. Разница между стоимостью прибавки урожая и дополнительными затратами дает дополнительный доход, полученный за счет применения удобрений. Отношение дополнительного дохода к затратам на применение удобрений характеризует рентабельность применения удобрений.

Определение экономической эффективности применения удобрений по результатам хозяйственной деятельности дает возможность оценить уровень их использования, сравнить с достижениями передовых хозяйств и действующими нормативами, выявить резервы дальнейшего улучшения использования удобрений и повышения на этой основе эффективности сельскохозяйственного производства.

Пути повышения экономической эффективности применения удобрений в хозяйстве. Практика показывает, что колхозы и совхозы имеют большие резервы повышения экономической эффективности применения удобрений. Прежде всего необходимо строго соблюдать рекомендации агрохимической службы, содержащие обоснованные ответы на вопрос о том, где, когда и как лучше применять удобрения. По данным ЦИНАО, окупаемость удобрений, внесенных по рекомендациям зональных станций химизации и агрохимических лабораторий, повышается на 20—30% по сравнению с бессистемным применением удобрений.

Исключительно важное значение имеет борьба с потерями удобрений на всем пути их движения до поля.

Большой экономический эффект дает совершенствование техники, технологии и организации работ по применению удобрений. Например, применение разбрасывателей РУМ-8 и КСА-3 дает возможность снизить себестоимость внесения в 2 раза. Такой же результат дает использование разбрасывателей ПРТ-10, ПРТ-16, а также КСО-9 и РУН-15Б. Прямоточная технология внесения органических и минеральных удобрений по сравнению с перевалочной позволяет снизить себестоимость этих работ на 10—20%.

Исключительно велико значение комплексной механизации работ по применению удобрений. Так, механизация погрузочно-разгрузочных работ повышает производитель-

ность труда в 20—50 раз и снижает себестоимость в 3—4 раза в зависимости от типов погрузчиков. Механизация измельчения и смешивания минеральных удобрений на складе увеличивает производительность труда в 4—5 раз и уменьшает себестоимость в 2—3 раза. Внедрение системы машин и комплексная механизация всех работ по применению минеральных удобрений на базе выпускаемой промышленности по сравнению с наиболее распространенными способами их выполнения в колхозах и совхозах повышают производительность труда в 3—4 раза и снижают себестоимость в 1,5—2 раза. С внедрением новой, более совершенной техники эти показатели будут еще выше.

Важными факторами, способствующими улучшению использования удобрений в хозяйстве, являются повышение общей культуры земледелия, внедрение более продуктивных сортов сельскохозяйственных культур, совершенствование структуры посевных площадей, мелиорация земель и другие мероприятия.

Исключительно большое значение для улучшения использования удобрений имеет совершенствование организации агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства.

НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ

Критерием народнохозяйственной эффективности производственных затрат, в том числе на применение удобрений, является повышение производительности общественного труда, выражающееся в росте объема производства и национального дохода. Исходя из этого критерия, народнохозяйственная эффективность применения удобрений определяется следующими основными показателями:

прибавкой урожая в расчете на единицу земельной площади и на единицу удобрений в среднем по стране и отдельным районам;

стоимостью дополнительной продукции в оценке по средним розничным ценам на товары и продукты народного потребления, изготовленные из прибавки урожая от удобрений;

затратами на применение удобрений, уборку, доработку и реализацию дополнительной продукции в сфере сельского хозяйства, а также затратами общества на заготовку, пере-

работку сырья, производство и реализацию конечных товаров и продуктов народного потребления;

чистым доходом от реализации конечных товаров и продуктов народного потребления, изготовленных из прибавки урожая от удобрений;

окупаемостью суммарных затрат на получение прибавки урожая, доведение продукции до конечных товарных кондиций и реализацию;

капитальными вложениями в производство и применение удобрений и их окупаемостью.

Пример расчета народнохозяйственной эффективности применения минеральных удобрений под картофель дан в таблице 64.

64. Народнохозяйственная эффективность применения удобрений под картофель

| Показатели | Сумма |
|--|-------|
| 1. Прибавка урожая картофеля от 1 т питательных веществ минеральных удобрений в среднем по стране (т) | 26,6 |
| 2. Средняя розничная цена на товары и продукты народного потребления, изготовленные из 1 т прибавки урожая (руб.) | 121 |
| 3. Стоимость дополнительной продукции в оценке по средней розничной цене (руб.), (п. 2 × п. 1) | 3219 |
| 4. Затраты на получение прибавки урожая, производство и реализацию конечных товаров и продуктов народного потребления (руб.) | 1657 |
| 5. Окупаемость затрат стоимостью дополнительной продукции (руб.), (п. 3:п. 4) | 1,94 |
| 6. Чистый доход от реализации конечных товаров и продуктов народного потребления (руб.): | |
| а) всего (п. 3 — п. 4) | 1562 |
| б) на 1 руб. затрат (п. 6а:п. 4) | 0,94 |
| 7. Капитальные вложения в производство и применение 1 т питательных веществ удобрений (руб.) | 446 |
| 8. Срок окупаемости капитальных вложений (в годах) (п. 7:п. 6а) | 0,3 |
| 9. Коэффициент эффективности капитальных вложений (п. 6а:п. 7) | 3,5 |

Расчет сделан на основе данных ВНИЭСХ, НИИТЭХИМ, ВИУА, ЦИНАО и других организаций. Прибавка урожая на единицу удобрений принята по нормативам, утвержденным Министерством сельского хозяйства СССР по согласо-

ванию с Госпланом СССР. Капитальные вложения приняты по всем стадиям производства и применения удобрений, начиная от производства сырья для выработки удобрений и кончая внесением их в почву.

Из анализа таблицы 64 можно сделать вывод о высокой народнохозяйственной эффективности применения минеральных удобрений под картофель. Каждый рубль, затраченный на применение удобрений, уборку прибавки урожая, производство и реализацию конечных товаров и продуктов народного потребления, дает конечной дополнительной продукции на сумму 1,94 руб. и 0,94 руб. чистого дохода. Важно, что эти показатели достигаются при исключительно высокой окупаемости капитальных вложений. Срок их окупаемости чистым доходом составляет 0,3 года.

Аналогичным методом определяют народнохозяйственную эффективность применения удобрений под другие культуры и в целом по производству продуктов растениеводства.

В основном по такой же схеме устанавливают и отраслевую эффективность применения удобрений (табл. 65).

65. Отраслевая эффективность применения удобрений под картофель

| Показатели | Сумма |
|---|-------|
| 1. Прибавка урожая картофеля от 1 т питательных веществ минеральных удобрений в среднем по стране (т) | 26,6 |
| 2. Средняя заготовительная цена за 1 т картофеля (руб.) | 79 |
| 3. Стоимость прибавки урожая (руб.), (п. 2×п. 1) | 2101 |
| 4. Затраты на получение и реализацию прибавки урожая (руб.) | 354 |
| 5. Окупаемость затрат стоимостью прибавки урожая (руб.), (п. 3:п. 4) | 5,94 |
| 6. Чистый доход от реализации прибавки урожая (руб.): | |
| а) всего (п. 3—п. 4) | 1747 |
| б) на 1 руб. затрат (п. 6а:п. 4) | 4,94 |
| 7. Капитальные вложения на применение 1 т питательных веществ удобрений (руб.) | 70 |
| 8. Срок окупаемости капитальных вложений чистым доходом в годах (п. 7:п. 6а) | 0,04 |
| 9. Коэффициент эффективности капитальных вложений (п. 6а:п. 7) | 25,0 |

При этом стоимость прибавки урожая оценивают не по розничным ценам, а по средним заготовительным ценам на

сельскохозяйственные продукты, реализуемые колхозами и совхозами государству. Соответственно и затраты на получение прибавки урожая включают затраты на применение удобрений, уборку прибавки урожая, доработку и реализацию сельскохозяйственных продуктов. Точно так же и капитальные вложения, связанные с применением удобрений, устанавливаются в границах отрасли сельского хозяйства.

Из таблицы 65 видно, что отраслевая эффективность применения удобрений под картофель очень высока. Она даже значительно выше народнохозяйственной эффективности.

По результатам расчетов, сделанных приведенными выше методиками, проводят сравнительную оценку народнохозяйственной и отраслевой эффективности применения удобрений под различные сельскохозяйственные культуры и выявляют наиболее эффективные варианты.

По сельскому хозяйству страны в целом за годы десятой пятилетки на каждый рубль, расходуемый на применение удобрений, получено дополнительной продукции на сумму 2,4 руб.

Что касается эффективности применения минеральных удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры, то здесь получены различные результаты. Более высокой прибавкой урожая характеризовалось применение удобрений под зерновые культуры и хлопчатник. В среднем по стране оплата 1 кг питательных веществ, внесенных под эти культуры, составила 4,9 кг зерна и 2,7 кг хлопка-сырца при нормативах соответственно 4,4 и 3,4 кг. Чистый доход от применения минеральных удобрений под зерновые культуры достиг 10,03 руб., под хлопчатник — 410,83 руб. на 1 га посева.

Наибольшая оплата удобрений урожаем зерна получена в Казахской ССР, Эстонской ССР, Украинской ССР и Узбекской ССР, а также в областях и краях Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Уральского экономических районов РСФСР. Близким к нормативному по оплате урожаем было применение удобрений под хлопчатник в Азербайджанской ССР, Таджикской ССР и Казахской ССР.

Вместе с тем в целом по стране недостаточна эффективность применения минеральных удобрений в годы десятой пятилетки под сахарную свеклу, картофель, лен-долгунец и овощные культуры, а также под зерновые культуры в областях Нечерноземной зоны и Дальнего Востока РСФСР, Латвийской ССР, Армянской ССР и Туркменской ССР.

Одной из главных причин низкой эффективности удобрений в ряде республик и областей Нечерноземной зоны остается значительное распространение кислых почв.

Основными путями повышения народнохозяйственной и отраслевой эффективности применения удобрений являются: совершенствование агрохимического обслуживания сельского хозяйства, повышение роли и ответственности агрохимической службы за эффективное использование минеральных удобрений и других средств химизации; укрепление материально-технической базы химизации сельского хозяйства, внедрение новой, более эффективной техники, комплексная механизация работ по применению удобрений; удешевление производства минеральных удобрений и снижение отпускных цен на них; улучшение ассортимента и соотношения азотных, фосфорных и калийных удобрений, повышение их качества, увеличение выпуска высококонцентрированных и сложных удобрений; устранение потерь удобрений на всем пути их следования от заводов-поставщиков до полей; наиболее целесообразное распределение удобрений по зонам, районам страны и сельскохозяйственным культурам; снижение кислотности почв; улучшение использования удобрений и повышение отдачи от них непосредственно в сельскохозяйственных предприятиях и др.

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Система и задачи агрохимического обслуживания. Рациональное применение удобрений и других средств химизации в большой степени зависит от организации комплексного агрохимического обслуживания сельского хозяйства. В задачи такого обслуживания входят: материально-техническое обеспечение химизации сельского хозяйства; определение потребности хозяйств в удобрениях и других средствах химизации; составление и представление обоснованных заявок на них; оформление заказов промышленности; распределение ресурсов средств химизации по республикам, краям, областям, районам и отдельным сельскохозяйственным предприятиям; получение их от поставщиков и доставка потребителям; разработка и внедрение в производство научно обоснованных рекомендаций по эффективному использованию средств химизации; непосредственное выполнение комплекса производственных работ по рациональному применению минеральных и органических удобрений, химиче-

ских мелиорантов и средств защиты растений, кормовых добавок и других препаратов.

В нашей стране уделяют исключительно большое внимание совершенствованию организации агрохимического обслуживания, обеспечению прогрессивного развития и повышению эффективности химизации сельского хозяйства.

В осуществление постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 9 августа 1979 г. «О создании единой специализированной агрохимической службы в стране» организована и набирает силу система комплексного агрохимического обслуживания сельского хозяйства. В ее состав входят: Всесоюзное производственно-научное объединение по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства — «Союзсельхозхимия»; 15 производственно-научных объединений в союзных республиках; 154 областных, краевых и республиканских в автономных республиках производственных объединений; 3007 районных производственных объединений по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства; 206 проектно-изыскательских станций химизации сельского хозяйства и агрохимических лабораторий; 152 станции защиты растений с широко разветвленной сетью опорных пунктов; научные и опытные учреждения, занимающиеся вопросами химизации сельского хозяйства и повышения плодородия полей. (рис. 11).

Всесоюзные, республиканские, краевые, областные и районные агрохимобъединения, подчиненные им предприятия, учреждения и организации составляют единую систему объединения «Союзсельхозхимия».

Кроме того, непосредственно в колхозах и совхозах действуют около 6 тыс. внутрихозяйственных и межхозяйственных пунктов химизации, 29 тыс. постоянных и сезонных отрядов плодородия. Большой объем работ по внесению минеральных удобрений и средств защиты растений выполняют также предприятия и подразделения сельскохозяйственной авиации, входящие в ведение Министерства гражданской авиации СССР.

Все эти подразделения и предприятия несут ответственность за успешное осуществление задач по комплексному агрохимическому обслуживанию, обеспечению прогрессивного развития и повышению эффективности химизации сельского хозяйства.

Станции химизации и агрохимические лаборатории. Важной составной частью системы агрохимического обслуживания являются проектно-изыскательские станции химизации

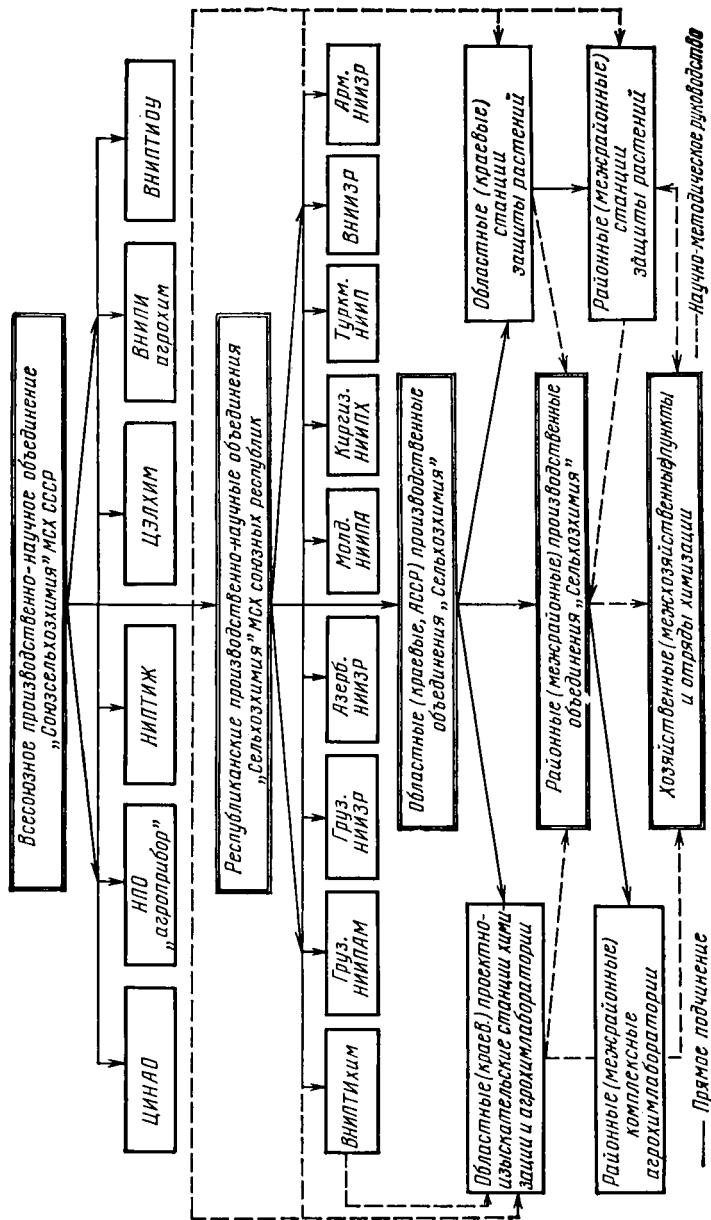


Рис. 11. Схема организации комплексного агрохимического обслуживания сельского хозяйства.

сельского хозяйства и зональные агрохимические лаборатории, организованные во всех областях, краях и автономных республиках. Каждая станция и лаборатория обслуживает в среднем 230 колхозов и совхозов с площадью пашни более 1 млн. га. Они входят в состав местных агрохимобъединений. Кроме того, в областях интенсивной химизации производства действуют районные агрохимические лаборатории, а в наиболее крупных колхозах и совхозах — собственные лаборатории. Научно-методическое руководство работой станций химизации и агрохимических лабораторий осуществляют Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО) и его филиалы на местах, а также отдельные республиканские научно-исследовательские институты химизации сельского хозяйства.

Станции химизации и агрохимические лаборатории — связующее звено между наукой и производством в вопросах химизации сельского хозяйства. Главная задача их состоит в том, чтобы организовать эффективное применение удобрений и других средств химизации в каждом колхозе и совхозе. Для решения этой задачи они выполняют следующие основные функции: (рис. 12):

- проводят почвенно-агрохимические изыскания сельскохозяйственных угодий, а также защищенных грунтов в овощеводстве и составляют агрохимические картограммы полей;

- разрабатывают и выдают колхозам и совхозам проектно-сметную и другую технологическую документацию на эффективное применение средств химизации;

- планируют поставки и распределение фондов минеральных удобрений;

- организуют и проводят опытные работы с удобрениями и другими средствами химизации в колхозах и совхозах по разработке нормативов затрат и окупаемости средств химизации;

- определяют баланс питательных веществ в земледелии и животноводстве;

- осуществляют государственный контроль и авторский надзор за качеством и своевременностью проведения работ в хозяйствах по использованию средств химизации в строгом соответствии с проектно-сметной и другой технологической документацией, с комплексом мероприятий по охране окружающей среды;

- осуществляют государственный контроль за качеством

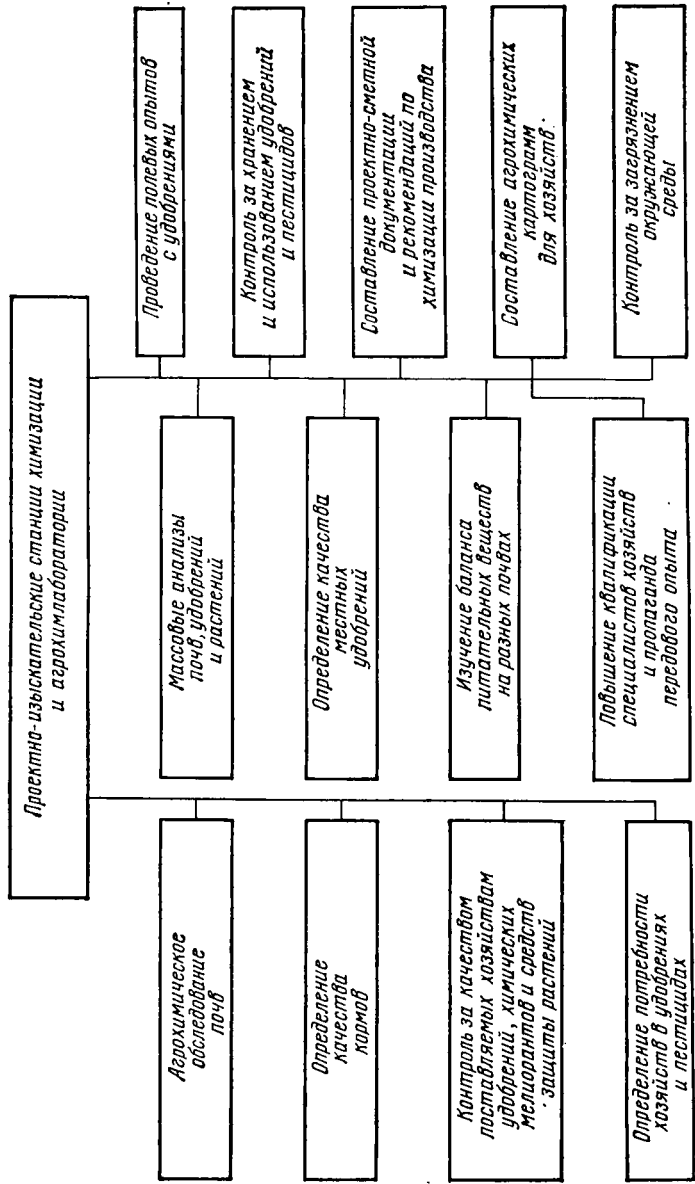


Рис. 12. Основные задачи проектно-исследовательских станций химизации агрохимлабораторий.

удобрений и других средств химизации, поставляемых сельскому хозяйству;

определяют экономическую эффективность применения удобрений и других средств химизации по хозяйствам, районам, областям, краям, АССР;

составляют агрохимические карты административных районов, областей, краев, республик;

обследуют качество сельскохозяйственной продукции в колхозах и совхозах, составляют паспорта, разрабатывают рекомендации по ее повышению;

проводят паспортизацию складов удобрений и других средств химизации, организуют и проводят контроль за учетом и хранением химической продукции;

осуществляют контроль за загрязнением окружающей среды средствами химизации, радионуклидами и тяжелыми металлами;

принимают участие и оказывают помощь в разработке норм выработки, расценок и других нормативов на работы по агрохимическому обслуживанию сельскохозяйственного производства;

организуют комплексные агрохимические лаборатории в районах и хозяйствах, осуществляют методическое руководство их работой;

проводят проектно-изыскательские работы по рациональному использованию кормов и технологии кормопроизводства;

обобщают, пропагандируют и внедряют в производство достижения науки и передового опыта по агрохимическому обслуживанию колхозов и совхозов.

Эти работы станции химизации и агрохимлаборатории проводят на условиях хозяйственного расчета за счет средств, поступающих по договорам районных агрохимобъединений с колхозами и совхозами на проектно-изыскательские и производственные работы, а также из государственного бюджета за выполнение по договорам областных, краевых и республиканских агрохимобъединений работ по составлению агрохимических карт районов, областей, краев и республик и других функций.

Почвенно-агрохимические изыскания сельскохозяйственных угодий проводятся по единой методике в среднем один раз в 4—5 лет, в районах с низким уровнем химизации — один раз в 5—7 лет, на орошаемых и осушенных землях — один раз в 3 года.

Для этой цели отбираются смешанные образцы пахот-

ного горизонта почв, в среднем один образец с площади пашни от 1—3 до 10—20 га и более в зависимости от экономических районов, пестроты почвенного покрова, интенсивности применения удобрений и других факторов. Образцы составляют из 20—40 индивидуальных проб.

В почвенных образцах определяют механический состав, содержание гумуса, подвижных форм фосфора, калия и микроэлементов, кислотность и другие показатели. Обследование проводят на всех пахотных угодьях, сенокосах и пастбищах, в садах и виноградниках. Наряду с мелкоделяночными полевыми опытами проводятся также производственные опыты в колхозах и совхозах по выявлению эффективности применения удобрений.

Станции химизации и агрохимические лаборатории на основе проведения указанных работ выдают министерствам и управлениям сельского хозяйства, агрохимобъединениям, колхозам и совхозам соответствующую документацию и научно обоснованные рекомендации по рациональному применению удобрений, других средств химизации и повышению на этой основе эффективности сельскохозяйственного производства.

Практика показывает, что применение удобрений по рекомендациям агрохимической службы обеспечивает повышение их эффективности на 20—30% по сравнению с использованием рекомендаций общего характера без учета содержания питательных веществ в почве конкретных полей и участков.

Следует, однако, отметить, что резервы повышения эффективности применения удобрений использованы еще недостаточно. Поэтому станции химизации и агрохимические лаборатории должны укреплять свои связи с колхозами и совхозами, разрабатывать более совершенные рекомендации по применению удобрений, осуществлять более действенный контроль за правильным их использованием.

Дальнейшее совершенствование деятельности агрохимической службы позволит использовать дополнительные резервы улучшения применения удобрений, других средств химизации и повысить на этой основе эффективность сельскохозяйственного производства.

Производственная база химизации. Решающим звеном системы комплексного агрохимического обслуживания сельского хозяйства является производственная база химизации. В состав ее входят специализированные предприятия и подразделения, которые непосредственно выполняют про-

изводственные работы по рациональному применению минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов и средств защиты растений, начиная от приемки их от поставщиков, заготовки на месте, хранения и кончая внесением на полях.

К таким предприятиям и подразделениям относятся: районные производственные объединения по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства, пункты и отряды химизации в колхозах и совхозах, предприятия и подразделения сельскохозяйственной авиации, отряды станций защиты растений.

Для выполнения работ по химизации сельскохозяйственного производства в них формируется необходимая материально-техническая база: прирельсовые, глубинные и хозяйственные склады для хранения средств химизации; аэродромы сельскохозяйственной авиации; мастерские технического обслуживания и ремонта; другие производственные объекты; машины и оборудование для комплексной механизации работ; концентрируются кадры руководителей, специалистов, трактористов-машинистов, шоферов и других работников.

От организации данного звена системы комплексного агрохимического обслуживания и его текущей деятельности зависит эффективность химизации сельского хозяйства.

Районные агрохимобъединения — это самостоятельные в оперативно-хозяйственном и юридическом отношении специализированные организации, предназначенные для производственного агрохимического обслуживания колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий в административных районах. При этом они выступают в двойной роли: как органы по материально-техническому обеспечению, руководству и управлению химизацией и как предприятия, выполняющие производственные работы по применению средств химизации. Главная задача их состоит в том, чтобы на основе рекомендаций проектно-изыскательских станций химизации и агрохимических лабораторий обеспечить научно обоснованное, высокоэффективное применение удобрений и других средств химизации земледелия и животноводства в каждом хозяйстве.

Функции и взаимоотношения районных агрохимобъединений с обслуживаемыми хозяйствами складываются дифференцированно, на основе принципов наиболее целесообразной специализации и разделения труда в зависимости от конкретных природных и экономических условий.

Во всех случаях они осуществляют такие общие функции, как прием средств химизации от поставщиков, хранение их на прирельсовых складах, доставка непосредственно в хозяйства; конкретизация и проведение в жизнь научно обоснованных рекомендаций агрохимической службы и службы защиты растений по рациональному применению средств химизации; проведение специальных исследований по вопросам химизации земледелия и животноводства в дополнение к агрохимслужбе и службе защиты растений; оформление заказов хозяйств на средства химизации, представление обоснованных заявок на них и др.

В большинстве случаев районные агрохимобъединения выполняют своими силами и средствами также такие крупномасштабные и энергоемкие работы, как заготовка торфа, известкование кислых почв и т. п. Необходимость концентрации этих работ в агрохимобъединениях обуславливается, во-первых, тем, что они имеют большое народнохозяйственное значение и государство берет их оплату на себя; во-вторых, для их выполнения требуется особенно мощная специальная техника, которую нецелесообразно или невозможно пока иметь в каждом хозяйстве; в-третьих, это эффективная форма оказания помощи колхозам и совхозам со стороны государства.

Все другие, а именно, наиболее важные и ответственные работы по рациональному применению средств химизации и органических удобрений выполняются в зависимости от возможностей и пожеланий самих хозяйств.

Крупные, экономически крепкие колхозы и совхозы, располагающие необходимыми трудовыми, материальными и финансовыми ресурсами, стремятся выполнять такие работы в основном или полностью своими силами и средствами. Для этого они создают свои пункты и отряды химизации.

Менее крупные и сильные хозяйства нередко также стремятся идти по данному пути, формируя межхозяйственные пункты химизации на кооперативной основе.

В остальных случаях, особенно при остром недостатке трудовых и материальных ресурсов, указанные работы выполняются в основном силами и средствами районных агрохимобъединений.

В соответствии с выполняемыми функциями определяются размер и состав агрохимобъединений: стационарная производственная база; складское хозяйство; техника и оборудование; аэродромы сельскохозяйственной авиации; меха-

низированные отряды; кадры руководителей и специалистов, жилищный фонд. Минимальный размер и состав их будет в первом и втором случаях, максимальный — в остальных случаях.

Возьмем, например, Загорский район Московской области. Здесь 19 совхозов и других сельскохозяйственных предприятий. В них имеется 71,6 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 42 тыс. га пашни. Обслуживание всех этих хозяйств и площадей осуществляет районное агрохимобъединение, размер и состав которого показаны в таблице 66.

66. Размер и состав Загорского районного агрохимобъединения Московской области

| Показатели | Сумма |
|--|-------|
| Число обслуживаемых хозяйств | 19 |
| Площадь сельскохозяйственных угодий (тыс. га) | 71,6 |
| в том числе пашни | 42,0 |
| Число работников — всего | 311 |
| в том числе: | |
| рабочих | 260 |
| инженерно-технических кадров | 51 |
| Количество техники: | |
| тракторы | 65 |
| автомобили | 61 |
| разбрасыватели минеральных удобрений | 36 |
| разбрасыватели органических удобрений | 42 |
| прицепы тракторные | 27 |
| опрыскиватели | 8 |
| Разовая емкость складов средств химизации (тыс. т) | 15 |
| Сумма основных производственных фондов (млн. руб.) | 5,7 |

Это объединение выполняет основной объем работ по химизации производства в 15 хозяйствах, испытывающих недостаток рабочей силы, материальных ресурсов, и частично — в остальных 4 хозяйствах. Годовой объем работ, выполняемых агрохимобъединением, достигает следующих размеров: вывозка органических удобрений — 460 тыс. т, внесение органических удобрений — 320 тыс. т, поставка минеральных удобрений — 34 тыс. т, внесение минеральных удобрений — 40 тыс. га, химическая защита растений — 11,2 тыс. га, известкование кислых почв — 10 тыс. га, фосфоритование — 2,5 тыс. га. В перспективе масштабы таких работ и степень участия агрохимобъединения в их

выполнении будут возрастать. Это, безусловно, большая помощь совхозам и колхозам в развитии химизации производства.

Непосредственное выполнение работ осуществляют следующие подразделения агрохимобъединения: цех производственного обслуживания, имеющий 3 механизированных отряда; цех поставок минеральных удобрений; цех транспортного обслуживания, имеющий 3 автоколонны. Внутри механизированных отрядов и автоколонн формируются бригады и звенья, специализирующиеся на выполнении соответствующих работ.

Средний радиус обслуживания хозяйств с базы агрохимобъединения составляет 37 км, в отдельных случаях 50 км и более. Дальние расстояния, естественно, затрудняют своевременное и качественное выполнение работ, удорожают их. С целью устранения этих недостатков в агрохимобъединении создаются глубинные базы — зональные пункты химизации, приближенные к хозяйствам. Средний радиус обслуживания при этом сокращается до 15—17 км.

Один из таких пунктов химизации создан в 1980 г на базе совхоза «Победа» и обслуживает 5 отдаленных хозяйств, имеющих 29,8 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 15,1 тыс. га пашни. Средний радиус обслуживания 15 км. На пункте работают 30 человек, в том числе 26 рабочих. Здесь имеются: 19 тракторов, 4 автомобиля, 14 разбрасывателей органических и минеральных удобрений, 5 опрыскивателей, 14 тракторных и автомобильных прицепов, мастерская для технического обслуживания и мелкого ремонта тракторов и других машин, площадка с твердым покрытием для хранения техники, склад минеральных удобрений, площадки для сельскохозяйственной авиации, жилой дом со всеми удобствами

На зональных пунктах агрохимобъединений, приближенных к хозяйствам, создаются более благоприятные условия для укрепления связи с хозяйствами, своевременного и качественного выполнения работ, снижения их себестоимости, улучшения использования средств химизации, специальной техники и рабочей силы.

Обслуживание колхозов и совхозов районными агрохимобъединениями осуществляется на основе ежегодно заключаемых взаимных договоров. При этом колхозы и совхозы выступают как заказчики, а агрохимобъединения — как исполнители работ по химизации производства или подрядчики.

В договоре указываются: обязательства и ответственность сторон, порядок сдачи и приемки выполненных работ, цены за работы и другие услуги, порядок расчета, дополнительные условия. За нарушение обязательства по договору стороны несут материальную ответственность в установленном порядке.

Практика показывает, что деятельность районных агрохимобъединений, концентрация в них труда и средств, специализация на выполнении работ по химизации производства дают свои положительные результаты. Возрастает помощь колхозам и совхозам в развитии химизации земледелия и животноводства. Ускоряется перевод химизации на научную индустриальную основу. Внедряется прогрессивная техника, технология и организация работ. Улучшается использование средств химизации, специальной техники и рабочей силы, растет производительность труда, во многих случаях снижается себестоимость выполнения работ. В результате повышается плодородие полей и эффективность сельскохозяйственного производства.

Усиление внимания к новым формам организации производственного агрохимического обслуживания, укрепление районных агрохимобъединений высококвалифицированными кадрами механизаторов, специалистов и необходимой техникой, дальнейшее совершенствование организации их работы, усиление материальной заинтересованности и ответственности работников агрохимобъединений за достижение лучших конечных результатов производства в колхозах и совхозах будут способствовать более успешному развитию и повышению эффективности химизации сельского хозяйства.

Большое значение в этой связи имеет постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О совершенствовании экономических взаимоотношений сельского хозяйства с другими отраслями народного хозяйства», принятое в июле 1983 г. в соответствии с решениями майского (1982 г.) Пленума ЦК КПСС.

В этом постановлении предусматривается повышение ответственности и усиление заинтересованности обслуживающих организаций, в том числе объединений Сельхозхимии за увеличение производства и заготовок сельскохозяйственной продукции, за качество и сроки выполнения работ и услуг.

Начиная с 1983 г. основными показателями оценки деятельности районных агрохимобъединений являются:

1) прирост производства продукции растениеводства в обслуживаемых хозяйствах по сравнению с уровнем, достигнутым за последние 5 лет;

2) окупаемость минеральных удобрений, средств защиты растений и других средств химизации;

3) выполнение договорных обязательств по агрохимическому обслуживанию колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий;

4) качество выполняемых работ и снижение затрат на их осуществление.

В зависимости от выполнения данных показателей устанавливаются нормативы образования фонда материального поощрения и фонда социально-культурных мероприятий и жилищного строительства агрохимобъединений.

При выполнении работ по комплексному агрохимическому окультуриванию земель расчеты хозяйств с агрохимобъединениями производятся в пределах годовых лимитов, утверждаемых районными агропромышленными объединениями, исходя из планово-нормативных затрат, которые не должны превышать удельных фактических расходов хозяйств на эти работы в среднем за 3 предшествующих года. Если фактическая стоимость работ окажется выше установленного годового лимита, то сумма превышения относится на результаты хозяйственной деятельности агрохимобъединения.

При выполнении работ, являющихся составной частью технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции, расчеты в течение года производятся исходя из 92% стоимости фактически выполненных работ и услуг по утвержденным ценам, тарифам и расценкам.

По итогам работы за год производится доплата из расчета 1% стоимости работ за каждый 1% выполнения (сверх 92%) и перевыполнения установленных планов производства продукции растениеводства в обслуживаемых хозяйствах.

Пункты и отряды химизации. В крупных, экономически крепких колхозах и совхозах, а также в хозяйствах с большой рассредоточенностью земельной территории и труднодоступными полями создаются свои пункты химизации. Это самостоятельные в оперативном отношении специализированные внутрихозяйственные подразделения, предназначенные для выполнения комплекса производственных работ по рациональному применению минеральных и органических удобрений, химических средств защиты растений,

а иногда и мелиорантов, начиная от приемки их от районных агрохимобъединений и кончая внесением на полях. Они несут ответственность за сохранность и лучшее использование средств химизации в хозяйствах.

Для выполнения этих функций на пунктах химизации имеются: необходимое складское хозяйство, тукосмесительные установки и другое оборудование, взлетно-посадочная площадка с твердым покрытием для сельскохозяйственной авиации, система машин для комплексной механизации работ, необходимое число трактористов-машинистов, а также руководители и специалисты.

На таких пунктах, оснащенных всеми необходимыми средствами производства, кадрами и работающими в едином трудовом коллективе предприятия, создаются наиболее благоприятные условия для улучшения использования удобрений, других средств химизации и повышения на этой основе эффективности сельскохозяйственного производства.

В начале 1982 г. в стране имелось 3797 внутрихозяйственных и 1764 межхозяйственных пунктов химизации. В дальнейшем количество их возрастет. Многие из них достигли высоких показателей в работе, что убедительно подтверждает эффективность данной формы организации агрохимобслуживания.

Возьмем, например, пункт химизации колхоза им. Крупской Черкасского района Черкасской области Украинской ССР, созданный еще в 1972 г. Размер и состав его характеризуются следующими показателями: обслуживаемая площадь сельскохозяйственных угодий — 4325 га, в том числе пашни — 3263 га; численность работников всего 47 чел.; количество тракторов — 13, автомобилей — 6, разбрасывателей минеральных удобрений — 4, разбрасывателей органических удобрений — 8, измельчителей удобрений — 1, смесителей — 1, опылителей и опрыскивателей — 5, емкость склада минеральных удобрений — 2 тыс. т, сумма всех основных производственных фондов — 304 тыс. руб.

Пункт химизации выполняет своими силами и средствами все работы по применению минеральных и органических удобрений, а также химических средств защиты растений в хозяйстве.

Благодаря концентрации труда и средств производства, специализации на выполнении работ по удобрению полей и защите растений, улучшению организации агрохимического обслуживания в колхозе достигнуты большие успехи

по развитию химизации земледелия и повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Заготовка и внесение органических и минеральных удобрений возросли с 220 кг питательных веществ в расчете на 1 га пашни в 1966—1971 гг. до 470 кг в 1972—1980 гг., или в 2,1 раза. Урожайность всех сельскохозяйственных культур в переводе на зерно повысилась за это время с 30,3 до 53,7 ц с 1 га, или в 1,8 раза. Прибавка урожайности от удобрений составила в первом случае 8,2 и во втором — 21,5 ц с 1 га. Оплата 1 кг питательных веществ урожаем равна соответственно 3,7 и 4,6 кг зерновых единиц. Следовательно, использование удобрений улучшилось на 24%. Улучшилось также использование рабочей силы, специальной техники и других средств производства, что привело к снижению себестоимости работ по химизации земледелия. Себестоимость работ по внесению 1 т органических удобрений снизилась с 1,58 до 0,66 руб., 1 т минеральных удобрений — с 4,30 до 3,11 руб., обработки 1 га пестицидами — с 3,40 до 2,74 руб.

Суммарный экономический эффект, полученный за счет увеличения прибавки урожая и снижения себестоимости работ, составляет в среднем за год 216,3 тыс. руб. Благодаря такому эффекту капитальные вложения в основные производственные фонды пункта химизации окупились всего за 1,4 года.

Высоких результатов в работе достигли также пункты химизации в соседнем колхозе «Днепр», в совхозах «Заря коммунизма» и «Повадинский» Московской области, в совхозе «Пламя» Ленинградской области, в колхозах Усть-Лабинского района Краснодарского края и многие другие.

В колхозах и совхозах, где подобные пункты химизации еще не сформировались, наряду с работой районных агрохимобъединений действуют хозяйственные постоянные и сезонные отряды плодородия.

Сельскохозяйственная авиация. Большой объем работ по химизации земледелия выполняют подразделения сельскохозяйственной авиации. Они вносят минеральные удобрения, ведут химическую борьбу с вредителями, болезнями и сорняками сельскохозяйственных культур, проводят дефолиацию и десикацию растений, риса, трав и других культур.

Основной формой организации использования самолетов и вертолетов в сельском хозяйстве являются авиационные отряды, базирующиеся в областях, краях, автономных

и союзных республиках. Это самостоятельные в оперативно-хозяйственном и юридическом отношении предприятия, входящие в состав территориальных управлений Министерства гражданской авиации СССР как их структурные подразделения.

Такие отряды или предприятия имеют в своем распоряжении необходимое количество личного состава, самолеты, вертолеты, технику и оборудование для их наземного обслуживания, другие ресурсы для выполнения авиационно-химических работ. Внутри отрядов формируются эскадрильи, звенья и отдельные экипажи для обслуживания сельскохозяйственных предприятий. С целью приближения к обслуживаемым хозяйствам и улучшения организации работ создаются опорные базы или пункты авиационных отрядов для определенного количества административных районов или предприятий.

При выполнении работ подразделениями сельскохозяйственной авиации в качестве заказчика могут быть сами хозяйства, районные агрохимобъединения, станции защиты растений.

Прямые связи хозяйств с подразделениями авиации устанавливаются обычно при достаточно больших объемах авиационно-химических работ. При этом не исключается целесообразность совместного использования группой хозяйств одного аэродрома, общей бригады для загрузки самолетов и вертолетов и осуществления сигнализации при полетах.

Станции защиты растений выступают заказчиками и заключают договор с авиационными подразделениями обычно при выполнении работ по химической борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур за счет средств госбюджета.

Организация авиационно-химических работ через районные агрохимобъединения состоит в том, что договоры заключаются не с каждым отдельным хозяйством, а с этими подразделениями, выполняющими посреднические функции. По отношению к авиационным подразделениям они выступают как организаторы и исполнители наземного обслуживания авиационно-химических работ: обеспечивают механизмами для подготовки и погрузки химикатов в самолеты и вертолеты, автотранспортом, завозят на аэродромы авиационные горючесмазочные материалы и химикаты, выделяют бригады грузчиков и сигнальщиков.

Взаимоотношения между колхозами, совхозами и авиационными подразделениями строятся в соответствии с ос-

новными условиями и типовым договором на проведение авиахимических работ, утвержденными Министерством гражданской авиации СССР и Министерством сельского хозяйства СССР.

Все расчеты за авиахимические работы производятся в денежной форме исходя из погектарной или почасовой оплаты по действующим тарифам, утвержденным Министерством гражданской авиации. Погектарная оплата применяется в тех случаях, когда заявки хозяйств соответствуют нормативам, установленным указаниями по технологии работ. Практически такие тарифы преобладают.

В тарифах учтены расходы по перелету от аэродрома к обрабатываемому участку на расстояние: самолетов — до 10 км, вертолетов — до 1 км. При удалении аэродрома от обрабатываемого участка сверх указанных расстояний погектарная оплата увеличивается на 5% для самолетов и на 15% для вертолетов за каждый километр удаления.

Перелеты самолетов для выполнения авиахимработ между управлениями гражданской авиации и внутри управлений отдельно заказчиком не оплачиваются. Перелеты вертолетов оплачиваются заказчиком по часовым ставкам.

При внесении минеральных удобрений в осенне-зимний период тарифы могут быть снижены до 25%. При выполнении работ по дефолиации хлопчатника погектарная оплата повышается для самолетов на 75% и для вертолетов — на 40%.

Почасовая оплата авиахимработ применяется в тех случаях, когда заказчик изменяет нормативы, установленные указаниями по технологии выполнения авиахимработ, когда норма расходов химикатов превышает 500 кг/га, а также при выполнении работ в опытном порядке и в высокогорных районах страны. В этих случаях тарифы устанавливаются за летный час по ставкам: 80 руб. — для самолета АН-2; вертолета МИ-1 — 105 руб.; МИ-2 — 135 руб.; КА-26 — 135 руб.

За нарушение договорных обязательств стороны несут ответственность в установленном порядке.

Организация рабочих процессов по применению удобрений. *Принципы организации рабочих процессов.* Применение удобрений включает выполнение отдельных рабочих процессов по заготовке, хранению, подготовке к внесению, погрузке, транспортировке, непосредственному внесению в почву и заделке. От того, как организован каждый рабочий процесс, зависят использование рабочей силы и тех-

ники, сроки и качество работ, конечные результаты производства. Для достижения лучших показателей необходимо обеспечить более рациональную организацию рабочих процессов, в которую входят: подготовка рабочего места, подбор людей, комплектование агрегата, расстановка людей, техники и других средств производства по местам работы в соответствии с ее особенностями, установление порядка передвижения исполнителей и агрегатов, наиболее рационального режима работы, форм кооперации и разделения труда и др.

Рациональная организация рабочих процессов обеспечивается на основе соблюдения следующих важнейших ее принципов: непрерывности, ритмичности, пропорциональности и согласованности.

Н е п р е р ы в н о с т ь выражается в том, что трудовой процесс выполняется без каких-либо перерывов, кроме тех, которые обусловлены самой технологией или связаны с рациональным режимом труда и отдыха. На взаимосвязанных операциях, составляющих единый технологический процесс, например на погрузке, транспортировке и внесении удобрений, непрерывность трудовых процессов находит свое выражение в поточности работы. Это ликвидирует лишние переделки предметов труда, в данном случае удобрений, сводит до минимума потери рабочего времени, сокращает сроки выполнения работ и затраты на них.

Р и т м и ч н о с т ь рабочих процессов означает выполнение работы в едином темпе, что особенно важно при поточной организации работ. В количественном отношении ритм трудовых процессов выражается в равенстве часовой или сменной производительности на всех взаимосвязанных рабочих местах. Например, в комплексе работ на внесении удобрений одинаковой должна быть производительность погрузчика, обслуживаемых транспортных средств и разбрасывателей. При поточной организации ритм работы определяется по производительности главной машины, выполняющей наиболее ответственную операцию или процесс. В данном примере это будет разбрасыватель. Соблюдение принципа ритмичности достигается организацией равномерной работы каждого исполнителя на рабочем месте, подбором машин с равной производительностью, установлением нужного количества машин и исполнителей.

П р о п о р ц и о н а л ь н о с т ь рабочих процессов выражается в установлении строгих количественных соотношений между машинами и людьми, занятыми на различ-

ных операциях единого технологического процесса. Например, на внесении удобрений должно быть определенное соотношение между количеством разбрасывателей, погрузчиков и транспортных агрегатов. Если погрузчик может погрузить за смену 150 т органических удобрений, а выработка разбрасывателя 50 т, то соотношение между ними должно быть 1 : 3 и т. д. Соответствующей будет и потребность в рабочей силе.

Правильные пропорции между взаимосвязанными агрегатами обеспечивают непрерывность, ритмичность рабочих процессов и высокую производительность труда.

Согласованность означает выполнение каждой операции в данном рабочем процессе или ряда связанных между собой рабочих процессов в строго определенное время. Например, разбрасыватель может начать работу в назначенное время, если своевременно подготовлено поле, подвезены удобрения и т. д. Несвоевременное выполнение отдельных операций и рабочих процессов ведет к нарушению единства технологического процесса, простоям, снижению выработки и производительности труда.

Для достижения лучших результатов важное значение имеет соблюдение и других принципов рациональной организации рабочих процессов.

Большинство рабочих процессов связано с перемещением людей, средств и предметов труда. Для этого требуются большие затраты времени. Чтобы сократить их, важно соблюдать принцип минимальных перемещений или кратчайших расстояний. Это достигается рациональной планировкой рабочих мест, выбором более целесообразных маршрутов и схем движения людей, машин и предметов труда.

Немаловажное значение имеет соблюдение параллельности процессов, то есть одновременного выполнения нескольких однородных или разнородных взаимосвязанных операций и рабочих процессов. Очень важен также принцип оптимальной специализации труда. Специализация на выполнении одного или нескольких однородных рабочих процессов способствует росту профессионального мастерства, улучшению использования техники и повышению производительности труда. Однако узкая специализация возможна только при условии достаточного фронта работ, в противном случае необходима универсализация. Совмещение различных трудовых функций может значительно увеличить полезную занятость работников. Необходимо, кро-

ме того, соблюдение таких принципов рациональной организации рабочих процессов, как стандартизация предметов труда, материальная заинтересованность, нормальные санитарно-гигиенические условия труда и др.

Рассмотрим особенности организации таких рабочих процессов, как внесение минеральных и органических удобрений.

Внесение минеральных удобрений. Процесс внесения минеральных удобрений включает погрузку удобрений на складе в транспортные средства, перевозку их к местам внесения и непосредственное внесение в почву. Эти работы в зависимости от норм внесения удобрений, расстояний перевозки и наличия техники выполняются по трем технологическим схемам: прямоточной, перегрузочной и перевалочной. При прямоточной схеме удобрения на складе загружаются погрузчиком или вручную навалом непосредственно в разбрасыватели, ими же транспортируются в поле и разбрасываются. Способ с перегрузкой включает погрузку удобрений на складе в специальные перегрузчики или загрузчики, например, в автомобильные перегрузчики САЗ-2500 или загрузчики ЗСА-40, транспортировку этими машинами к полю, перегрузку удобрений в разбрасыватели и внесение в почву. При перевалочной технологии удобрения загружают на складе в транспортные средства общего назначения, например, в автосамосвалы ЗИЛ-585, перевозят к местам внесения и выгружают там на подготовленные места, затем с помощью тракторных погрузчиков их загружают в разбрасыватели и вносят.

Нужно стремиться к тому, чтобы минеральные удобрения вносили по возможности и экономической целесообразности прямочным способом, без перегрузок и перевалок. При дозах внесения 5—6 ц на 1 га прямочный способ экономически эффективен для транспортных агрегатов МТЗ-50 и МТЗ-80 с кузовным разбрасывателем 1-РМГ-4 при расстоянии перевозки от склада до поля 3 км, для агрегатов Т-150К с большегрузным разбрасывателем РУМ-8 — на 6—8 км. Автомобильные разбрасыватели КСА-3 и КСА-7 работают обычно по прямоточной схеме.

Доставка и внесение удобрений одной и той же машиной-разбрасывателем позволяет устранить простои, неизбежные при совместной работе транспортных средств и разбрасывателей. Отпадает также необходимость повторной погрузки удобрений в разбрасыватели после подвоза. Ликвидируются потери удобрений.

Однако с увеличением дозы внесения к удаленности полей от склада прямоточная схема становится менее выгодной. В этом случае целесообразно применять способ работы с перегрузкой, если имеются перегружатели или загрузчики, а также перевалочный способ.

В связи с этим необходимо знать, какими машинами выгоднее транспортировать удобрения. При больших расстояниях экономически эффективно применять в первую очередь автосамосвалы типа ЗИЛ-585. Эффективность использования тракторов на транспортировке удобрений может быть повышена при агрегатировании с двумя прицепами.

Высокопроизводительная работа агрегатов на внесении удобрений во многом зависит от подготовки полей к работе. Поле должно быть подготовлено до начала работы агрегатов.

Подготовка включает отбивку поворотных полос или контрольных линий для включения рабочих органов, провешивание линий первого прохода агрегата, разбивку поля на загоны. Если для поворотов можно выезжать за пределы поля, поворотные полосы не требуются. Также не требуется линия первого прохода агрегата, если боковая граница поля прямолинейна и трактористы достаточно опытные. В случае применения перевалочного способа работы необходимо установить и отметить места загрузки агрегатов удобрениями.

Способы движения выбирают с учетом размеров полей и технических характеристик агрегатов. Основным способом является челночный. На полях с малой длиной гона может быть применен способ движения перекрытием; он рекомендуется, когда нет возможности выезжать за пределы поля.

Минеральные удобрения вносят в сроки, установленные агрономом хозяйства. Нормы внесения берут из плана применения удобрений. Удобрения необходимо вносить равномерно по всей площади поля. Неравномерность внесения не должна превышать $\pm 25\%$. Влажность удобрений, подготовленных для внесения, должна обеспечивать нормальную работу дозирующих высевальных аппаратов и соответствовать стандарту. Разрывы между смежными проходами машин не допускаются. Допустимое перекрытие в стыковых междурядьях 5% от ширины захвата агрегата.

Контроль за качеством внесения минеральных удобрений в процессе работы осуществляют прежде всего сами

трактористы-машинисты, а также руководители и специалисты хозяйств и их подразделений. После окончания работ — агроном или бригадир производственной бригады.

Нормативы затрат на внесение 1 т минеральных удобрений составляют 2,0—6,5 руб. Нормативы суммарных затрат на применение 1 т незатаренных минеральных удобрений в колхозах и совхозах, включая хранение на складе, транспортировку, подготовку к внесению и непосредственное внесение, составляют в среднем по стране 6,99 руб., затаренных — 9,62 руб.

Внесение органических удобрений. Поверхностное внесение органических удобрений с последующей их заделкой при вспашке, дисковании и бороновании производят под зябь, пар, а также весной под пропашные культуры. Удобрения необходимо полностью заделывать в почву. При заделке они должны хорошо перемешиваться с почвой. Время между разбрасыванием удобрений и заделкой должно быть минимальным. Норма внесения органических удобрений, как и минеральных, устанавливается на основе плана применения удобрений в хозяйстве; допустимо отклонение, не превышающее 10%. Удобрения равномерно разбрасываются по поверхности почвы. Неравномерность распределения их по ширине захвата агрегата ограничена $\pm 25\%$. Разрыв между смежными проходами разбрасывателя не допускается. В удобрениях не должно быть никаких посторонних включений.

Внесение органических удобрений может выполняться двумя способами: прямоточным и перевалочным, в зависимости от расстояний перевозки, дозы и наличия техники. Прямоточный способ предполагает погрузку удобрений тракторным погрузчиком непосредственно в разбрасыватель; транспортировку и внесение их на поле этой же машиной. Перевалочный способ включает погрузку удобрений в транспортные средства общего назначения, перевозку их к полям, укладку в бурты для хранения до срока внесения, погрузку из буртов в разбрасыватели и непосредственное внесение.

Разные способы выполнения комплексов указанных работ дают в конкретных условиях соответственно и разные экономические результаты. Поэтому необходимо прежде всего решить вопрос о том, какой из этих способов и какое их сочетание должно применяться. Для решения этой задачи нужно знать затраты труда и средств на выполнение всего комплекса взаимосвязанных работ по применению ор-

ганических удобрений при соответствующих расстояниях перевозки, дозах и технике.

Возьмем, например, такие условия: доза внесения органических удобрений 40 т на 1 га; погрузка осуществляется погрузчиками ПЭ-0,8; транспортировка — автосамосвалами ЗИЛ-555; внесение — разбрасывателями 1-ПТУ-4 в агрегате с тракторами МТЗ-50.

Расчеты показывают, что прямоточный способ организации работ в данных условиях экономически целесообразно применять при расстоянии транспортировки удобрений до 4 км, а перевалочный — свыше 4 км. Если в хозяйстве складываются расстояния перевозки, например, от 2 до 10 км, то практически целесообразно применять рациональное сочетание первого и второго способов организации работ. А именно: на поля, расположенные на расстояниях до 4 км включительно, удобрения вносятся прямоточным способом, а на поля, удаленные на расстояния свыше 4 км, — перевалочным. Такое сочетание способов организации работ дает большой экономический эффект по сравнению с каждым из них в отдельности.

На смену таким разбрасывателям органических удобрений, как 1-ПТУ-3,5; 1-ПТУ-4; КСО-9, приходят новые большегрузные разбрасыватели типа ПРТ-10 и ПРТ-16. Расчеты показывают, что 10-тонный разбрасыватель ПРТ-10 в агрегате с трактором Т-150К и 16-тонный разбрасыватель ПРТ-16 в агрегате с трактором К-701 в отличие от разбрасывателя 1-ПТУ-4 целесообразно применять прямоточным способом при всех указанных расстояниях. Использовать их при перевалочном способе внесения удобрений менее выгодно.

Применение большегрузных разбрасывателей обеспечивает повышение производительности труда в 2—2,5 раза, снижение себестоимости работ на 18—20%.

Нормативы затрат на выполнение работ по применению 1 т подстильного навоза и компостов в колхозах и совхозах составляют в среднем по стране 1,87—1,93 руб., в зависимости от норм внесения.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

1. Масса 1 м³ и объем 1 т различных удобрений

| Удобрение | Масса 1 м ³ , т | Объем 1 т, м ³ |
|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Суперфосфат простой | 1,1 | 0,9 |
| Фосфоритная мука | 1,7 | 0,6 |
| Преципитат | 0,8 | 1,2 |
| Томасшлак | 2,0 | 0,5 |
| Термофосфат | 1,7 | 0,6 |
| Сульфат аммония | 0,8 | 1,2 |
| Аммиачная селитра | 0,8 | 1,2 |
| Натриевая селитра | 1,1—1,4 | 0,7—0,9 |
| Сернистый калий | 1,3 | 0,8 |
| Хлористый калий | 0,95 | 1,1 |
| Навоз коровий свежий | 0,4—0,7 | 1,4 |
| » коровий и конский перепревший | 0,9—1,0 | 1,0 |
| » полуразложившийся | 0,7—0,8 | — |
| Навозная жижа | 1,0 | 1,0 |
| Торф разложившийся, при 60% влаги | 0,6 | 1,6 |
| Зола древесная | 0,4 | 2,5 |
| Помет птичий | 0,3 | 3,3 |
| Известь молотая | 1,7 | 0,6 |
| Гипс | 0,75 | 1,3 |

Приложение 2

**Затраты минеральных удобрений на 1 т прибавки урожая
по нормативам, кг д. в.**

| Показатель | Экономический район | | | | | |
|-----------------|---------------------|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | Северо-Западный | | | Центральный | | |
| | N | P | K | N | P | K |
| Озимые зерновые | 88 | 83 | 72 | 108 | 97 | 91 |
| Яровые зерновые | 84 | 87 | 64 | 84 | 82 | 77 |
| Зернобобовые | 88 | 150 | 75 | 81 | 146 | 73 |
| Сахарная свекла | — | — | — | 123 | 118 | 112 |
| Лен-долгунец | 231 | 346 | 346 | 185 | 315 | 315 |

Продолжение

| Показатель | Экономический район | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|------|------|-------------|------|------|
| | Северо-Западный | | | Центральный | | |
| | Н | Р | К | Н | Р | К |
| Картофель | 150 | 114 | 125 | 134 | 129 | 146 |
| Овощи | 77 | 45 | 55 | 71 | 38 | 68 |
| Кормовые корнеплоды | 56 | 28 | 36 | 44 | 16 | 66 |
| Силосные | 86 | 38 | 70 | 58 | 19 | 58 |
| Однолетние травы на сено | 26 | 47 | 27 | 16 | 32 | 40 |
| Однолетние травы на зеленый корм | 6,5 | 11,8 | 6,8 | 4 | 8 | 10 |
| Многолетние травы на сено | 26 | 47 | 27 | 16 | 32 | 40 |
| Многолетние травы на зеленый корм | 7,4 | 13,4 | 7,7 | 4,6 | 9,2 | 11,4 |
| Культурные сенокосы | 36,2 | 15,4 | 20,0 | 25,3 | 18,2 | 25,5 |
| Культурные пастбища | 10,3 | 4,4 | 5,7 | 7,2 | 5,2 | 7,3 |

Продолжение

| Показатель | Экономический район | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|------|------|-------------------|------|------|
| | Центрально-Черноземный | | | Северо-Кавказский | | |
| | Н | Р | К | Н | Р | К |
| Озимые зерновые | 113 | 102 | 68 | 91 | 91 | 55 |
| Яровые зерновые | 79 | 76 | 69 | 118 | 136 | 76 |
| Кукуруза на зерно | 103 | 95 | 67 | 103 | 95 | 67 |
| Рис | — | — | — | 53 | 36 | — |
| Зернобобовые | 47 | 114 | 47 | 38 | 110 | 31 |
| Сахарная свекла | 126 | 126 | 131 | 130 | 132 | 120 |
| Подсолнечник | 132 | 210 | 158 | 209 | 255 | — |
| Конопля | 288 | 260 | 346 | 235 | 235 | 118 |
| Картофель | 147 | 147 | 140 | 121 | 103 | 118 |
| Овощи | 141 | 125 | 122 | 141 | 125 | 122 |
| Кормовые корнеплоды | 75 | 113 | 150 | 71 | 50 | 58 |
| Силосные | 144 | 137 | 130 | 170 | 139 | 137 |
| Однолетние травы на сено | 22 | 32 | 32 | 21 | 31 | 21 |
| Однолетние травы на зеленый корм | 5,5 | 8 | 8 | 5,3 | 7,8 | 5,3 |
| Многолетние травы на сено | 22 | 32 | 32 | 21 | 31 | 21 |
| Многолетние травы на зеленый корм | 6,3 | 9,2 | 9,2 | 6,0 | 8,9 | 6,0 |
| Культурные сенокосы | 28,6 | 12,7 | 11,2 | 41,7 | 30,2 | 15,5 |
| Культурные пастбища | 8,2 | 3,6 | 3,2 | 11,9 | 8,6 | 4,4 |

Приложение 3

Нормы расхода питательных веществ удобрения, необходимых сверх затрат на повышение урожая для увеличения содержания подвижных форм фосфора и калия на 1 мг на 100 г почвы

| Тип почвы | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---|-------------------------------|------------------|
| | кг д. в. на 1 га | |
| Дерново-подзолистые *: | | |
| песчаные и супесчаные | 50—60 | 40—60 |
| суглинистые | 70—90 | 60—80 |
| глинистые и тяжелосуглинистые | 100—120 | 80—100 |
| Серые лесные *: | | |
| песчаные и супесчаные | 70—80 | 60—70 |
| суглинистые | 90—110 | 70—80 |
| глинистые и тяжелосуглинистые | 120—140 | 80—90 |
| Черноземы оподзоленные, выщелоченные **: | | |
| песчаные и супесчаные | 80—90 | 80—90 |
| суглинистые | 90—100 | 80—90 |
| глинистые и тяжелосуглинистые | 100—120 | 80—90 |
| Черноземы мощные, обыкновенные, типичные ***: | | |
| песчаные и супесчаные | 90—100 | — |
| суглинистые | 100—110 | — |
| глинистые и тяжелосуглинистые | 120—130 | — |
| Черноземы приазовские *** (в среднем) | 110—130 | — |
| Каштановые (в среднем) *** | 90—110 | — |

* при определении содержания подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову;

** по Чирикову;

*** по Мачигину.

Приложение 4

Оптовые цены на минеральные удобрения для сельского хозяйства

| Удобрения | Основное вещество | Содержание основного вещества, % | Оптовая цена за 1 т, руб. — коп. |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Аммиак водный | N | 20,5 | 22—00 |
| Аммиак жидкий синтетический | NH ₃ | 99,9 | 72—00 |
| Аммофос гранулированный | N, P ₂ O ₅ | 1,1+49 | 95—00 |
| Карбамид (мочевина) | N | 46 | 80—00 |
| Калий хлористый гранулированный | K ₂ O | 60 | 12—00 |
| Калий хлористый негранулированный | K ₂ O | 60 | 11—00 |
| Калийная соль | K ₂ O | 40 | 7—00 |

Продолжение

| Удобрения | Основное вещество | Содержание основного вещества, % | Оптовая цена за 1 т, руб. — коп. |
|--|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Мука фосфоритная | P_2O_5 | 30 | 16—00 |
| То же | » | 25 | 11—00 |
| » » | » | 22 | 9—00 |
| » » | » | 19 | 9—00 |
| » » | » | 14 | 6—00 |
| Нитрофос | N, P_2O_5 | 24+14 | 50—00 |
| Нитрофоска | N, P_2O_5 , K_2O | 11+10+11 | 37—50 |
| Нитроаммофоска | N, P_2O_5 , K_2O | 16+16+18 | 65—00 |
| Селитра аммиачная | N | 34,5 | 53—00 |
| Селитра кальциевая | N | 17,5 | 24—00 |
| Селитра натриевая | N | 15,5 | 31—00 |
| Сульфат аммония | N | 20,8 | 35—00 |
| Сульфат аммония гранулированный | N | 20,8 | 40—00 |
| Суперфосфат двойной гранулированный | P_2O_5 | 45 | 68—50 |
| Суперфосфат простой из апатит. конц. | P_2O_5 | 20 | 17—50 |
| Суперфосфат гранулированный из апатит. конц. | P_2O_5 | 20 | 25—50 |
| Шлак фосфатный для удобрений | P_2O_5 | 10 | 10—00 |

Приложение 5

Наценки за доставку в хозяйства 1 т минеральных удобрений, руб. — коп. (на условиях франко-хозяйство потребителя)

| | |
|---------------------|-------|
| РСФСР | 14—30 |
| Украинская ССР | 8—60 |
| Белорусская ССР | 11—50 |
| Узбекская ССР | 9—70 |
| Казахская ССР | 18—00 |
| Грузинская ССР | 9—80 |
| Азербайджанская ССР | 9—90 |
| Литовская ССР | 6—60 |
| Молдавская ССР | 9—40 |
| Латвийская ССР | 7—90 |
| Киргизская ССР | 13—60 |
| Таджикская ССР | 9—90 |
| Армянская ССР | 12—50 |
| Туркменская ССР | 11—00 |
| Эстонская ССР | 6—20 |

Затраты на выполнение работ по применению удобрений в хозяйстве

| Виды удобрений | Экономический район | Доза внесения | Затраты на 1 т. руб. — коп. | |
|--|---------------------|-------------------|-----------------------------|------|
| Навоз подстилочный, т/га | Центральный | 20 | 0—84 | |
| | | 30 | 0—84 | |
| | | 40 | 0—82 | |
| | Северо-Западный | 20 | 0—99 | |
| | | 30 | 0—97 | |
| | | 40 | 0—96 | |
| Навоз бесподстилочный, т/га | Центральный | 20 | 1—38 | |
| | | 30 | 1—35 | |
| | | 40 | 1—32 | |
| | | 50 | 1—31 | |
| | | 60 | 1—30 | |
| Минеральные удобрения незатаренные, ц/га | Центральный | До 2 | 6—99 | |
| | | 2—4 | 6—17 | |
| | | 4—6 | 5—34 | |
| | | 6—8 | 5—17 | |
| | | Северо-Западный | До 2 | 7—76 |
| | Северо-Западный | 2—4 | 6—27 | |
| | | 4—6 | 4—97 | |
| | | 6—8 | 4—49 | |
| | | Северо-Кавказский | До 2 | 7—31 |
| | | Северо-Кавказский | 2—4 | 5—04 |
| | 4—6 | | 4—53 | |
| | 6—8 | | 4—30 | |
| | Центральный | | До 2 | 6—36 |
| | | | 2—4 | 5—54 |
| | | 4—6 | 4—71 | |
| 6—8 | | 4—54 | | |
| Северо-Западный | | До 2 | 8—01 | |
| | 2—4 | 6—52 | | |
| | 4—6 | 5—22 | | |
| | 6—8 | 4—74 | | |
| | Северо-Кавказский | До 2 | 6—16 | |
| 2—4 | | 5—13 | | |
| 4—6 | | 4—10 | | |
| 6—8 | | 3—90 | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|------------|
| Предисловие | 3 |
| Глава I. Агрохимия — научная основа химизации земледелия | 5 |
| Задачи и методы агрохимии | 5 |
| Краткая история развития агрохимии | 10 |
| Значение удобрений и применение их в сельском хозяйстве СССР | 15 |
| Глава II. Химический состав и питание растений | 21 |
| Химический состав растений и качество урожая | 21 |
| Роль отдельных элементов в жизни растений. Вынос питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур | 30 |
| ✓ Питание растений | 40 |
| (Глава III. Агрохимические свойства почвы в связи с питанием растений и применением удобрений | 56 |
| ✓ Состав почвы | 56 |
| ✓ Поглотительная способность почвы | 65 |
| ✓ Кислотность и буферная способность почвы | 70 |
| Агрохимическая характеристика основных типов почв СССР | 75 |
| Глава IV. Химическая мелиорация почв | 81 |
| Известкование кислых почв | 81 |
| Гипсование солонцов | 93 |
| (Глава V. Минеральные удобрения | 97 |
| Азотные удобрения | 97 |
| Фосфорные удобрения | 117 |
| Калийные удобрения | 128 |
| Микроудобрения | 137 |
| Комплексные удобрения | 143 |
| Физико-механические свойства удобрений | 150 |
| Хранение, транспортировка и внесение минеральных удобрений | 153 |
| Техника безопасности и охрана труда при работе с минеральными удобрениями | 158 |
| Глава VI. Органические удобрения | 160 |
| ✓ Навоз | 160 |
| Навозная жижа | 178 |
| Птичий помет | 181 |
| Торфяные компосты | 182 |
| Зеленое удобрение | 186 |
| Глава VII. Система удобрения | 190 |
| Основные принципы построения системы удобрения | 190 |
| Удобрение важнейших сельскохозяйственных культур и размещение удобрений в полевых севооборотах | 222 |

| | |
|---|------------|
| Удобрение озимой пшеницы и озимой ржи | 222 |
| Удобрение яровой пшеницы, ячменя и овса | 225 |
| Удобрение крупяных культур | 228 |
| ✓ Удобрение кукурузы | 232 |
| Удобрение зерновых бобовых культур | 234 |
| Удобрение многолетних трав | 237 |
| ✓ Удобрение льна-долгунца | 239 |
| Удобрение картофеля | 242 |
| Удобрение сахарной свеклы | 247 |
| ✓ Удобрение хлопчатника | 252 |
| ✓ Г л а в а VIII. Экономическая эффективность применения удобрений и организация агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства | |
| I Показатели экономической эффективности применения удобрений | 256 |
| Экономическая эффективность применения удобрений в хозяйстве | 261 |
| Народнохозяйственная и отраслевая экономическая эффективность удобрений | 271 |
| Организация комплексного агрохимического обслуживания сельского хозяйства | 275 |
| <i>Приложения</i> | 298 |

**Петр Михайлович Смирнов,
Эрнст Аркадьевич Муравин**

АГРОХИМИЯ

Зав. редакцией *М. М. Антонова*
Редактор *А. С. Максимова*
Художественный редактор *М. Д. Северина*
Технический редактор *В. Ю. Маркова*
Корректор *И. Н. Молодкина*

ИБ № 3644

Сдано в набор 29.02.84. Подписано к печати 06.07.84. Т-12318.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать
высокая Усл. печ. л. 15,96 Усл. кр.-отт. 16,17 Уч.-изд. л. 16,88.
Изд. № 43. Тираж 37 000 экз. Заказ № 340. Цена 75 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Набрано в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красно-
го Знамени Первой Образцовой типографии имени А. А. Жданова
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
113054, Москва, Валуевая, 28

Отпечатано с матриц на Белоцерковской книжной фабрике, 256400,
г. Белая Церковь, ул. Карла Маркса, 4.