

Справочник

агро·
хи·
ми·
ка



Мартirosян М. Զ.

Москва - Ереван

Ноябрь - декабрь, 1976г.

1830

асправочник грохимика

МОСКВА
РОССЕЛЬХОИЗДАТ — 1976



В справочнике представлены сведения об условиях питания сельскохозяйственных культур и их химическом составе. Дана агрохимическая характеристика основных типов почв, видов и форм минеральных, органических, известковых и зеленых удобрений.

Рекомендованы эффективные дозы удобрений для отдельных культур, а также лугов и пастбищ, на орошаемых и эродированных землях. Приведены методы определения потребности сельскохозяйственных растений в удобрениях.

Авторы разделов: Д. А. Кореньков, доктор сельскохозяйственных наук — «Питание растений», «Минеральные удобрения», «Применение удобрений», «Определение потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях»;

К. А. Гаврилов, кандидат геолого-минералогических наук — «Агрохимические свойства почв», «Агрохимическая характеристика почв», «Почвенно-агрохимические исследования»;

И. А. Шильников, кандидат сельскохозяйственных наук — «Известкование кислых почв»;

В. А. Васильев, кандидат сельскохозяйственных наук — «Органические удобрения».

Составитель справочника Д. А. Кореньков.

На XXV съезде КПСС отмечалось, что дальнейшей интенсификации сельскохозяйственного производства в значительной степени способствует химизация и в первую очередь широкое использование удобрений.

Уровень и темпы развития сельского хозяйства в большой мере определяются прогрессом агрохимической науки и эффективным внедрением ее достижений на поля колхозов и совхозов. Сельское хозяйство с каждым годом получает все больше минеральных удобрений.

Особенно велика роль удобрений в РСФСР, где их применение во многих зонах республики имеет решающее значение в повышении урожайности сельскохозяйственных культур.

Одним из крупных земледельческих районов европейской части РСФСР является нечерноземная зона. Этот район в 1976—1980 гг. получит 120 млн. т минеральных удобрений. Значительно увеличатся объемы применения органических удобрений и известкования кислых почв этой зоны. Возрастет роль удобрений также в Сибири, на Дальнем Востоке, в Поволжье и других районах РСФСР в связи с широким развитием мелиоративных работ. Поэтому последние достижения науки по вопросам познания химических процессов в земледелии, способов использования удобрений для управления питанием растений и их урожайностью, а также повышения плодородия почв должны быть взяты на вооружение всеми специалистами сельского хозяйства.

Процесс питания — основа жизни живого организма, в том числе и растения. От условий питания сельскохозяйственных культур зависит величина урожая и их химический состав (качество). Хорошее питание растений достигается при оптимальном сочетании света, тепла, воздуха, воды, пищи и слабокислой и нейтральной реакции почвенного раствора.

Зеленые растения усваивают углекислый газ, воду и простые минеральные соли, создавая из них с помощью энергии солнца и многообразных ферментативных систем различные по сложности органические вещества, которые могут использовать все животные.

Жизнь на земле обусловлена многогранной созидательной деятельностью высших и низших растений. Зеленые растения земного шара, включая низшие, в том числе и водоросли водных бассейнов, создают ежегодно до 400 млрд. т свежих органических веществ (в пересчете на глюкозу). На суше образуется более 100 млрд. т свежих органических веществ.

О гигантской созидательной деятельности зеленых растений говорят такие данные. Ежегодно они связывают 170 млрд. т CO_2 и разлагают в результате использования солнечной энергии (фотолиза) около 130 млрд. т воды с выделением из нее 115 млрд. т свободного кислорода. Для создания органического вещества на земле растения используют около 2 млрд. т азота и 6 млрд. т зольных элементов.

Значительная часть азота потребляется растениями из почвы, в силу чего недостаток азота при возделывании сельскохозяйственных культур сказывается на содержании его усвояемых соединений в почве. Почти все зольные элементы растения берут из почвы, в результа-

те чего без применения удобрений значительно снижается содержание их доступных форм.

УСЛОВИЯ ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Нормальный рост и развитие сельскохозяйственных культур определяются внешними условиями среды и внутренними свойствами растений.

Чтобы получить высокий урожай с хорошим качеством продукции, надо учитывать взаимосвязь внутренних (свойства растения) и внешних (приземный слой атмосферы и корнеобитаемая толща почвы) условий питания растений при использовании удобрений и других средств химизации земледелия.

Внутренние условия питания растений. К внутренним условиям питания растений в первую очередь относятся их наследственные особенности (признаки), которые обуславливают способ размножения, рост и развитие, продуктивность, требования к пище, воде, теплу, свету и другим факторам внешней среды, а также характер анатомического и морфологического строения.

Наследственные признаки растений стойко передаются из поколения в поколение; однако под влиянием среды растения одного и того же вида, сорта имеют зачастую существенные различия. Признаки растений могут изменяться под сильным влиянием химических и физических средств, например под действием гамма-облучений.

Носителями наследственности в растениях, как и во всех живых организмах, являются нуклеиновые кислоты. Это — сложные высокомолекулярные соединения, имеющие форму спиральных нитей. Нуклеиновые кислоты участвуют в самых важнейших процессах жизнедеятельности организма — синтезе белков, росте и размножении, передаче наследственных свойств.

В растительных организмах содержится два основных типа нуклеиновых кислот — рибонуклеиновая кислота (РНК) и дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК).

В состав РНК входят из углеводов (сахаров) рибоза, из азотистых соединений — аденин (6-аминопурин), гуанин (2-амино-6-оксипурин), цитозин (2-окси-6-аминопи-

ридин), урацил (2, 6,-диоксипиримидин) и фосфорная кислота.

В состав ДНК входят из углеводов дезоксирибоза, из азотистых соединений — аденин, гуанин, цитозин, тимин (5-метилурацил), 5-метилцитозин и фосфорная кислота.

Нуклеиновые кислоты — высокополимерные соединения, содержащие большое число отдельных нуклеотидов. Состав нуклеотидов в ДНК в различных организмах подчиняется строгим закономерностям, которые состоят в том, что в молекулах ДНК сумма пуриновых оснований (гуанин, аденин) равна сумме пиримидиновых оснований (цитозин, 5-метилцитозин, урацил, тимин); количество аденина равно содержанию тимина, а гуанина — содержанию цитозина. Однако количество пар оснований гуанина (Г) + цитозина (Ц), аденина (А) + тимина (Т) может быть весьма различным. В зависимости от преобладания той или иной пары оснований различают ГЦ-типа ДНК или АТ-типа ДНК. У АТ-типа ДНК сумма аденина и тимина превышает сумму гуанина и цитозина, а у ГЦ-типа ДНК сумма гуанина и цитозина превышает сумму аденина и тимина. Эти закономерности получили название правила Чаргаффа. Таким образом, отношение $G+C:A+T$ — одна из основных характеристик ДНК и показатель ее специфичности по нуклеотидному составу.

Для РНК таких строгих соотношений между нуклеотидами, которые отмечены для ДНК, не установлено. Однако для РНК всех растений, животных и микроорганизмов имеется закономерность нуклеотидного состава, состоящая в том, что сумма аденина и цитозина равна сумме гуанина и урацила. В отличие от ДНК для РНК характерна гораздо меньшая изменчивость нуклеотидного состава.

Сочетание нуклеотидов в нуклеиновых кислотах отражает наследственные особенности растений (организма), которые передаются потомству. Колоссальное количество сочетаний (комбинаций) нуклеотидов в нуклеиновых кислотах создает то многочисленное разнообразие видов живых организмов, которое наблюдается в природе.

Повлиять на наследственность растений (вообще организма) можно путем изменения расположения нуклеотидов в ДНК и РНК. Это сложный вопрос, и над

ним сейчас работает наука. В организме ДНК выполняет роль механизма записи и передачи наследственности в целом, а РНК участвует в создании белков, специфичных для определенного вида растений. Биохимики считают, что РНК в данном процессе представляет собой матрицу (шаблон), к которой присоединяются определенные аминокислоты, образуя белок в соответствии с наследственными особенностями растений.

Нуклеиновые кислоты обнаружены во всех органах и тканях растений.

В наследственных свойствах растений заложена способность усваивать из внешней среды питательные вещества, которые характерны для всего растительного мира.

Внешние условия питания растений. Главные факторы внешних условий жизнедеятельности растений — вода, свет, тепло и такие питательные вещества, как кислород, углекислый газ, азот, а также зольные элементы, среди которых особо важное значение имеют фосфор, калий, магний и многочисленные микроэлементы.

ВОДА

Растения потребляют большое количество воды, причем она не только разлагается в результате использования солнечной энергии, но особенно много испаряется листьями.

На создание 1 кг сухого вещества зерновых культур требуется в среднем 300 т воды. Для получения 30 ц урожая зерна расходуется воды не менее 3500 т/га, или 350—400 мм продуктивных осадков за вегетационный период.

Вода составляет 75—95% веса живого растения. Потеря ее сверх допустимого предела приводит к необратимым изменениям в растении и его гибели. Поэтому необходим постоянный приток воды из почвы через корни растений. За период вегетации на испарение растение тратит воды в 300—500 раз больше веса получаемого им сухого урожая, а иногда и в 1000 раз больше. Это так называемый коэффициент транспирации, то есть отношение количества воды, испаренной растением, к общему приросту сухого вещества за определенный промежуток времени. Испарение воды связано с боль-

шой тратой тепла, в результате чего растения охлаждаются. Установлено, что 99,8% поглощаемой корнями воды испаряется в воздух и только 0,2% идет на развитие самого растения.

Испарение воды зависит от общей площади поверхности листьев, которая, в свою очередь, определяется видом растений и густотой их стояния. Это видно из следующих данных:

Растения	Густота стояния	Общая площадь листьев, га
Зерновые колосовые	5 млн.	8
Бобовые травы	200 тыс.	12
Сахарная свекла	100 тыс.	5
Плодовые насаждения	200 шт.	2
Лиственный лес	3—5 тыс.	6

Общая испаряющая поверхность листьев одного растения в несколько раз меньше общей поверхности его корневой системы. Таким образом, при полном обеспечении водой почвы не может возникнуть ее недостатка в надземных органах растений.

Для правильного регулирования водного режима в засушливых условиях необходимо орошение, а на заболоченных землях их осушение. Кроме мелиоративных работ, следует широко проводить агротехнические и другие мероприятия (рациональная обработка почвы, кулисные пары, снегозадержание на полях, борьба со стоком талых вод, регулирование стока воды путем облесения водоразделов, полезащитное лесоразведение и др.).

В засушливой зоне СССР (по данным академика И. П. Герасимова) ежегодно теряется 216 км³ воды, в том числе из-за поверхностного стока — 54 км³, вследствие сдувания снега с полей — 17 км³, при непродуктивном испарении почвой — 145 км³. Вся возделываемая и естественная растительность нашей страны испаряет ежегодно 3500 км³ воды, что примерно соответствует одной трети годовой суммы осадков в СССР.

Правильное питание растений и в итоге их урожай связаны с водными свойствами почв. К числу важных водных свойств почв относятся водоудерживающая, водопропускная (или водопроницаемость) и водоподъем-

ная способности почвы. Водоудерживающая способность почвы — это способность твердой части почвы удерживать содержащуюся в ней влагу от стекания под влиянием силы тяжести. В этом процессе принимают участие сорбционные и капиллярные силы.

Способность почвы сорбировать влагу из паров, находящихся в воздухе, называется гигроскопичностью, а поглощенная таким образом влага — гигроскопической.

Максимальной гигроскопичностью почвы (МГ) называется наибольшее количество влаги, собираемое ею из воздуха, насыщенного водяными парами, то есть относительная влажность которого равна 100%.

Капиллярной влагоемкостью почвы называется количество влаги, которое может удерживаться данным слоем почвы в капиллярноподпертом состоянии и соответствует капиллярному насыщению. Свойство почвы вызывать капиллярный подъем влаги называется водоподъемной способностью.

Гравитационная влага — это вся свободная влага, которая появляется в почве сверх наименьшей влагоемкости, она не может удерживаться почвой и под влиянием силы тяжести стекает вниз. Верхним пределом капиллярной влагоемкости является полная влагоемкость, а нижним — наименьшая влагоемкость.

Полная влагоемкость (ПВ), или полная водовместимость, почв представляет отношение пористости почв (П) к объемному весу почвы (ОВ г/см³): $PB = \frac{П}{ОВ}$; выражается в процентах от веса сухой почвы.

Способность почвы пропускать через себя воду называется водопроницаемостью. Вся прочно связанная влага почвы для растений совершенно недоступна и составляет в ней так называемый мертвый запас влаги. Растения начинают проявлять признаки устойчивого завядания задолго до того, как в почве остается только мертвый запас влаги.

Устойчивым называется такое завядание, признаки которого не исчезают даже после того, как растения помещают в атмосферу, насыщенную парами воды. Коэффициент завядания растений (или влажность завядания — ВЗ) — это влажность почвы, которая соответствует моменту появления признаков устойчивого завядания. Он выражается в процентах от веса почвы.

Влажность завядания является очень важной характеристикой почвы, так как она служит нижней границей содержания в почве продуктивной влаги. Отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности колеблется от 1 до 3 и в среднем составляет 1,34. Этот коэффициент служит для определения продуктивной влаги. Ее определяют по величине максимальной гигроскопичности, умножая последнюю на указанный коэффициент. Кроме того, продуктивную влагу определяют визуально, наблюдая, при какой влажности почвы растения начинают завядать.

При возделывании сельскохозяйственных культур весьма важно знать почвенно-гидрологические константы. К ним относятся в первую очередь такие величины: влажность завядания, влажность разрыва капиллярных связей, наименьшая влажность и полная влагоемкость. Эти величины разграничивают между собой интервалы влажности с различной степенью доступности влаги для растений (табл. 1).

Таблица 1

Связь между степенью доступности влаги растениям и интервалом влажности (по А. А. Роде)

Интервал влажности	Степень доступности влаги
Ниже влажности завядания	Практически недоступна
От влажности завядания до влажности разрыва капиллярных связей	Труднодоступна, но с приближением к влажности разрыва капиллярных связей доступность заметно увеличивается
От влажности разрыва капиллярных связей до наименьшей влагоемкости	Доступность средняя
От наименьшей влагоемкости до полной влагоемкости	Влага легкодоступна, с приближением к полной влагоемкости влажность делается избыточной

Характер водного режима почвы зависит главным образом от условий климата. От климата зависит также величина испаряемости. При этом ее не следует смешивать с величиной истинного испарения (количество влаги, возвращающейся в атмосферу всеми путями,

есть величина суммарного испарения, или эвапотранспирация).

Испаряемость — это наибольшее количество влаги, которое может быть израсходовано почвой путем испарения и десукции (процесс извлечения влаги из почвы корнями растений) при условии, что в ней постоянно имеется неограниченный запас влаги.

Отношение суммы осадков за определенный период времени к величине испаряемости за тот же период называется коэффициентом увлажнения.

В большинстве случаев необходимо регулировать содержание влаги в почве (полив, рыхление, снегозадержание и т. д.) так, чтобы влажность ее поддерживалась на уровне средnedоступной влаги и несколько выше, что составляет около 70% от наименьшей влагоемкости.

ТЕПЛО И СВЕТ

Нормальное питание растений, рост, развитие и в целом их урожай неразрывно связаны с теплом и тепловым режимом. Понятие «тепловой режим почвы» включает совокупность явлений поступления и отдачи тепла почвой и его передвижение в ней из всех источников температуры.

Источниками тепла в почве являются: лучистая энергия (прямая и рассеянная радиация солнца, а также атмосферная радиация); тепло воздуха; тепло в результате разложения органических остатков; внутреннее тепло земного шара; тепло от радиоактивных процессов, происходящих в почве.

Из пяти источников тепловой энергии наиболее важна лучистая энергия солнца.

Теплоемкость почвы — это количество тепла, которое надо затратить для нагревания 1 г или 1 см³ почвы на 1°С. Теплоемкость выше, чем почва влажнее и больше в ней органического вещества.

Теплопроводность почвы зависит от ее состава. При большем содержании минеральных веществ и большей влажности почвы ее теплопроводность выше.

Лучепоглотительная и лучеотражательная способности почвы изменяются в зависимости от цвета и формы ее поверхности. Почвы светлые значительно меньше поглощают лучей солнца, чем темные. Шероховатые почвы

меньше отражают лучей, чем почвы с гладкой поверхностью. Отношение количества отраженных почвой лучей к количеству падающих на ее поверхность называется альбедо. Альбедо почв изменяется в среднем от 15 (темные почвы) до 40—45% (белый песок).

Лучеиспускание, или способность почв выделять тепловые лучи, в значительной степени зависит от состояния их влажности, теплопроводности и характера поверхности. Почвы влажные, с неровной поверхностью более теплопроводны и обладают большей лучеиспускательной способностью.

В течение вегетационного периода растений на территории европейской части СССР 1 см² поверхности почвы получает в среднем за сутки 1 ккал. В этом случае почва поглощает около 43% и излучает обратно 24% тепла. Таким образом, только одна пятая часть солнечной энергии остается в почве, но и это количество тепла в основном расходуется на испарение воды с ее поверхности.

За год на землю падает $5 \cdot 10^{23}$ ккал тепла. В СССР фактически используется в процессе фотосинтеза около 1% этого количества тепла.

Весь комплекс тепловых свойств почвы влияет на характер микробиологических, биохимических и химических процессов, происходящих в ней, и в результате сказывается на ходе развития сельскохозяйственных культур.

Нормальная жизнедеятельность растений происходит только в определенных пределах температуры. Оптимальные температуры для прорастания семян отдельных культур следующие:

ячмень 20°С; озимая пшеница 25°, озимая рожь 25°, кукуруза 30—35°, огурцы 30—35°, конопля 35°С.

Для большинства сельскохозяйственных культур, возделываемых в РСФСР, температура воздуха в пределах 15—30°С влияет благоприятно. Для озимых культур и многолетних трав большое значение имеет величина снежного покрова. При высоте снежного покрова 0, 24 и 28 см гибель озимых культур составляет соответственно 86, 15 и 5%.

Температура листа растений пропорциональна интенсивности падающего на листья света и обратно пропорциональна содержанию в них воды и силе испарения.

Снижение температуры почвы за пределы оптимальной влияет на поглощение корневой системой питательных веществ. Более сильно это сказывается на азоте, затем на фосфоре и кальции, менее — на калии. Снижение температуры почвы ниже 10°C отрицательно действует на поступление всех минеральных элементов в корни.

В пределах от 0 до 35°C скорость роста растений при наличии всех оптимальных условий удваивается при повышении температуры на каждые 10°C (правило Вант-Гоффа).

Свет солнечных лучей неоднороден и значение их спектров различно. Большая часть тепла солнечных лучей (до 80%) создается за счет невидимого инфракрасного излучения с длиной волны 0,76—600 мк (1 мк равен 0,001 мм).

Зеленые растения в основном поглощают солнечный спектр, представленный лучами с длиной волны от 380 до 760 мкм. В этой области зеленые листья разных растений имеют примерно одинаковые кривые поглощения солнечного спектра с двумя максимумами (400—480 и 620—680 мкм) и двумя минимумами (520—580 и 720—800 мкм).

Первый максимум поглощения соответствует синевioletовым, а второй — оранжево-красным лучам. Первый минимум совпадает с желто-зелеными лучами, поглощение которых составляет 60—75%, а второй — с дальними красными, с ближними инфракрасными лучами, поглощение их составляет всего лишь 5—15%. Поглощение лучистой энергии солнца листьями растений возрастает в другой, невидимой области спектра с длиной волны 1100—1200 мкм и достигает 80—90% в зоне лучей с длиной волны 2—3 мк.

Следует помнить, что инфракрасные лучи имеют в основном тепловое значение. Основные фотохимические процессы в зеленых листьях совершаются поглощением лучей с длиной волны от 400 до 700 мкм, которое зависит от наличия пигментов в растении. Оранжево-красные лучи поглощаются главным образом хлорофиллом. Ультрафиолетовые лучи с длиной волны менее 300 мкм, которые губительно действуют на животные организмы, почти полностью задерживаются озоном (O_3) атмосферы. Ультрафиолетовые лучи с длиной волны более

300 ммк, достигающие земной поверхности, составляют всего лишь 3—5% солнечной радиации и практически полностью поглощаются растениями (на 90—99%). В среднем растения поглощают 40—60% радиации солнечной энергии, которая доходит до поверхности почвы.

Состав солнечной радиации, достигающей растения, зависит от высоты солнца над горизонтом: при высоком его стоянии преобладает синяя, а при небольшой высоте — красная; желто-зеленая изменяется незначительно. Интенсивность освещения значительно изменяется с высотой местности над уровнем моря. Она повышается на 45% на каждый километр высоты. Темная поверхность земли поглощает солнечные лучи, а белая отражает. Например, снег отражает до 89% падающего на него света, что способствует фотосинтезу у хвойных деревьев зимой.

ВОЗДУШНОЕ ПИТАНИЕ

Все сельскохозяйственные культуры питаются через корни и листья, так как они обитают одновременно в двух средах: корни в почве, а стебли и листья — в воздухе. Поэтому различают два типа питания: воздушное и почвенное (корневое).

Под воздушным питанием понимают поступление и ассимиляцию зелеными листьями углекислого газа из атмосферы, а также усвоение некоторого количества солей.

Под почвенным питанием подразумевается усвоение корнями растений из почвы воды и различных ионов минеральных солей, а также некоторых органических веществ. Оба эти типа питания взаимосвязаны между собой и не могут существовать раздельно, так как корни питают листья и стебли, которые, в свою очередь, питают корни.

В листьях и корнях протекают многочисленные синтетические процессы, продуктами которых непрерывно обмениваются надземные и подземные органы растений. Новейшие открытия показали, что самоделение на воздушное и корневое (почвенное) питание носит условный характер, так как одни и те же вещества способны поглощаться как листьями, так и корнями.

Однако при воздушном питании растения в первую очередь обогащаются углеродом, кислородом и водородом. В среднем растения содержат 45% углерода, 42% кислорода и 6,5% водорода. Эти три элемента являются материальной основой сложнейшего биологического процесса — фотосинтеза.

Фотосинтез — единственный природный процесс связывания солнечной энергии. Благодаря ему из простых веществ — углекислого газа, воды и небольшого количества минеральных солей, не содержащих энергии и не способных при обычных условиях совершать химическую работу, создаются сложнейшие органические соединения, обладающие высокой потенциальной энергией.

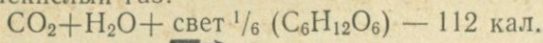
При сгорании 1 г продуктов фотосинтеза и их дальнейшем превращении в растениях высвобождается следующее количество тепла: углеводы до 4,0 ккал, белки 5,7 ккал и жиры 9,5 ккал.

Ранее существовало мнение, что свет дает энергию, необходимую для разложения углекислоты на углерод и кислород. Начальным продуктом фотосинтеза считали формальдегид. Известно, что формальдегид — ядовитое вещество и в растениях его никогда не обнаруживали.

В 1941 г. советские ученые А. П. Виноградов и Р. В. Тейс с помощью изотопного метода доказали, что кислород, выделяющийся из листьев при фотосинтезе, является кислородом воды, а не углекислоты.

Образующееся в процессе фотосинтеза органическое вещество и заключенная в нем энергия используются гетеротрофными организмами во всем сложном многообразии процессов их жизнедеятельности. Зеленые растения за год фиксируют примерно $17,4 \cdot 10^{10}$ углерода. Количество ассимилируемого углерода составляет за год около $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ его запаса, содержащегося в виде CO_2 в атмосфере и около 0,3—0,4% — в гидросфере и тропосфере. Таким образом, фотосинтез — это процесс образования органических соединений из неорганических веществ — углекислого газа и воды. В процессе фотосинтеза создается до 90% сухого вещества растений. В химическом отношении фотосинтез — это процесс взаимодействия углекислого газа и воды при участии хлорофилла, поглощающего энергию солнечных лучей. Поглощенная хлорофиллом световая энергия участвует

в реакции, при которой водород воды восстанавливает углекислый газ:



Процесс фотосинтеза состоит из реакций двух типов — фотолиза воды (разложение ее под действием света) и восстановления углекислого газа. Свет необходим лишь для первой реакции, а реакции восстановления CO_2 — «темновые», то есть идут без доступа света. В настоящее время принимается, что первым продуктом фотосинтеза является фосfogлицириновая кислота, которая затем превращается в результате многих реакций в крахмал и другие углеводы.

Наряду с углеводами в процессе фотосинтеза образуются и другие соединения, в том числе аминокислоты. Результатом первичной фотохимической реакции фотосинтеза является фосфорилирование аденизиндифосфорной кислоты с образованием аденизинтрифосфорной кислоты (АТФ), богатой энергией.

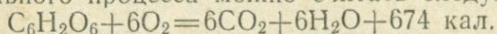
Эта кислота — основное соединение, в котором запасается и переносится энергия, необходимая для осуществления синтетических процессов в обмене веществ, а также для выполнения работы живыми организмами. В состав АТФ входят остатки аденина, углевода рибозы и три остатка фосфорной кислоты. Энергия, высвобождаемая АТФ, может переноситься почти без потерь на другие соединения или использоваться для синтеза белков, нуклеиновых кислот, углеводов, жиров, витаминов и многих других соединений. В организме АТФ образуется из аденозиндифосфорной кислоты (АДФ) и минеральной фосфорной кислоты за счет энергии, выделяющейся при окислении различных органических веществ в живых клетках или при фотосинтезе за счет световой энергии. Во всех этих процессах энергия не теряется, а переходит в особый вид химической энергии, заключенной в фосфатных связях АТФ. При окислении в процессе дыхания одной грамм-молекулы глюкозы, например, может образоваться до 30 молекул АТФ.

Общая продукция органического вещества, синтезируемого растительностью земного шара, составляет (в пересчете на глюкозу) примерно $4,5 \cdot 10^{11}$ т в год. Для питания человека и животных, а также на топливо ежегодно утилизируется лишь 3,5% органического углерода, синтезированного наземной флорой.

В процессе фотосинтеза одновременно растения выделяют в атмосферу около $5 \cdot 10^{11}$ т свободного кислорода. Таким образом, основная масса кислорода выделяется в атмосферу и только незначительная часть его используется на дыхание растений. В результате дыхательных процессов в растительном организме возникает энергия, необходимая для поддержания разнообразных жизненных процессов. Часть энергии запасается в АТФ (аденозинтрифосфат) и служит для последующих превращений веществ в темной фазе фотосинтеза.

Углерод, кислород и водород — основные элементы при фотосинтезе углеводов и других более сложных органических продуктов для всех последующих биохимических и синтетических процессов. С участием кислорода и водорода осуществляются важнейшие окислительно-восстановительные энергетические процессы. Наряду с образованием органических веществ в растениях происходят процессы их распада, связанные с дыханием.

Дыхание — это совокупность реакций, приводящих органические вещества до более простых соединений. Реакции, протекающие в процессе дыхания, непосредственно связаны с процессом обмена веществ, происходящего в клетке. Общим балансовым уравнением дыхательного процесса можно считать следующее:



Однако сахара — не единственное органическое вещество, благодаря которому происходит дыхание. Субстратами дыхания могут быть органические и жирные кислоты, а также белки.

ПОЧВЕННОЕ (КОРНЕВОЕ) ПИТАНИЕ

Растения в почвенных условиях питаются в основном неорганическими соединениями в виде ионов. Они могут поглощать некоторые органические соединения (отдельные аминокислоты, при определенных условиях мочевины, фитин и др.). Азотное питание у бобовых и некоторых других культур осуществляется также за счет фиксации азота воздуха при участии клубеньковых бактерий. При корневом питании растения поглощают и усваивают (ассимилируют) необходимые им элементы (N, P, S, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B,

На и др.). Минеральное питание включает также передвижение в растениях элементов и вторичное их использование (реутилизация). Образующиеся в почве и вносимые в виде удобрений питательные соли растворяются в почвенном растворе и распадаются (диссоциируют) на ионы (K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , NH_4^+ , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{--} , SO_4^{--} и т. д.), которые поглощаются корнями растений. Корни все время дышат и, следовательно, выделяют CO_2 , которая, растворяясь в клеточном соке, образует угольную кислоту H_2CO_3 , диссоциирующую на ионы H^+ и HCO_3^- . Эти ионы насыщают поверхность корней и корневых волосков и могут обмениваться на катионы и анионы почвенного раствора. Обменное поглощение обеспечивает первый этап питания — насыщение поверхности корней и корневых волосков ионами питательных солей.

Поглощенные ионы передвигаются в растительных клетках. В корнях растений поглощение и передвижение элементов питания происходит не по законам диффузии, а активно и избирательно. Однако почвенный и вообще питательный раствор должен быть физиологически уравновешенным, то есть иметь определенные соотношения между катионами и анионами. Избыток ионов даже питательных солей может нарушить уравновешенность раствора и понизить эффективность удобрений. Особенно вреден избыток ионов H^+ (кислые почвы) и OH^- (щелочные почвы). В кислых почвах очень часто присутствуют во вредных концентрациях ионы алюминия, железа и марганца. Засоленные почвы, содержащие $NaCl$, Na_2SO_4 , также неблагоприятны для нормального питания растений.

Обычно уже в корнях растений начинается усвоение питательных веществ. Поглощенные нитраты восстанавливаются специальными ферментами (нитратредуктазами) до аммиака. В результате дальнейших восстановительных процессов в корнях образуются аминокислоты — аланин, аспарагиновая и глютаминовая кислоты (в состав некоторых аминокислот входят сульфаты и сера) и их амиды — аспарагин и глутамин. В корнях растений могут также образовываться органические фосфаты.

Поглощение, передвижение и превращение солей связаны с дыханием корней, при котором выделяется и

энергия, и необходимые вещества для усвоения азота и других элементов питания. Это определяет важность создания всех условий для дыхания корней: обеспечение их кислородом (хорошая аэрация почвы), углеводами (за счет фотосинтеза или имеющихся в растении запасов), а также соответствующей температурой, отсутствие в питательном растворе ядов (сероводорода и др.).

Минеральные и образовавшиеся из них органические вещества из корневой системы передвигаются к листьям и растущим органам растений. Скорость и пути перемещения элементов минерального питания в надземной части регулируются растением.

Поступая в растения в виде минеральных соединений, элементы питания сразу же включаются в обмен веществ. Уже через несколько минут после внесения меченого фосфора он был обнаружен во всех органах растений и не только в минеральной форме, но и в составе многих органических соединений.

С помощью меченого изотопа ^{15}N установлено, что аммонийный и нитратный азот очень быстро вступают в синтез аминокислот и белка в растениях. Через 5 мин после внесения в почву меченого аммонийного азота в корнях растений можно обнаружить аминокислоты, а несколько позже и белки.

Усваиваемые растениями питательные вещества в виде неорганических солей азота, фосфора, калия и других элементов диссоциируют в почвенном растворе на ионы. Однако в почвенном растворе содержится только часть усваиваемых растениями питательных веществ. Основная же масса ионов аммония, калия, кальция, магния и других катионов находится в адсорбированном состоянии в почвенном поглощающем комплексе. Полностью в почвенном растворе присутствует нитратный азот — ионы NO_3^- . Поглощающий комплекс постоянно взаимодействует с почвенным раствором, и катионы, адсорбированные им, вступают в обменные реакции с катионами почвенного раствора, в том числе и с ионами водорода, всегда присутствующими в нем вследствие диссоциации воды.

Если растения поглощают из почвенного раствора ионы какого-либо элемента, например калия, то запасы его вновь пополняются в результате десорбции калия из поглощающего комплекса.

Почвенный минеральный фосфор в основном представлен в форме апатита и других менее устойчивых кальциевых фосфатов, а также в виде фосфатов алюминия и железа (в кислых почвах).

Растворимость всех природных почвенных фосфатов очень низкая, но между отдельными их формами существуют значительные различия, что имеет большое значение для фосфорного питания растений. Обычно в почвенном растворе концентрация фосфатов выражается долями миллиграмма на 100 мл, но при использовании фосфатных удобрений она становится более высокой.

Процесс поступления ионов питательных веществ в растения складывается из трех этапов: 1) высвобождение ионов из твердой фазы почвы в почвенный раствор и передвижение их к наружной поверхности корней, 2) проникновение ионов в корни, 3) передвижение их из корней в надземные органы растения.

В связи с тем, что концентрация ионов питательных веществ в почвенном растворе обычно весьма низкая, то и абсолютное количество их в усвояемом состоянии в почве незначительное. Так, в почвенном растворе пахотного слоя на площади 1 га содержится от 3 до 15—20 кг калия, а P_2O_5 — в 1,5—2 раза меньше. В то же время для создания нормального урожая растениям требуется значительно больше калия и фосфора.

Аналогичное положение наблюдается и с другими ионами. Некоторое исключение составляют только непоглощаемые почвой нитратные ионы, сравнительно высокая концентрация которых в почвенном растворе может быть при внесении соответствующих форм азотных удобрений и их образовании в результате минерализации органического вещества почвы.

Для обеспечения растений в течение вегетационного периода необходимым количеством питательных веществ содержание ионов в почвенном растворе по мере их использования возмещается за счет высвобождения ионов из твердой фазы почвы и перехода в почвенный раствор. При этом интенсивность обновления почвенного раствора должна быть достаточно высокой. Так, при обычно наблюдаемой концентрации фосфатных ионов в почвенном растворе (10^{-5} — 10^{-6} М) последний должен обновляться несколько раз в день. Медленнее обновля-

ются необходимые растениям катионы из-за более высокой их концентрации в почвенном растворе.

Исследования показали, что скорость перехода фосфатных ионов из твердой фазы в почвенный раствор в 250 раз выше, чем скорость поглощения растениями этих ионов из почвенного раствора.

Скорость обмена катионов между жидкой и твердой фазами почвы также весьма высокая. Обмен ионами, находящимися в растворе и в твердой фазе в поглощенном состоянии, совершается многократно в течение нескольких минут. Таким образом, скорость высвобождения из твердой фазы ионов для выравнивания их концентрации в почвенном растворе не является лимитирующим фактором. При этом большое значение имеет величина концентрации почвенного раствора, находящегося в равновесии с твердой фазой почвы. Именно эта величина и определяет интенсивность снабжения корней растений питательными веществами.

Концентрация того или иного питательного вещества в почвенном растворе зависит от общего содержания и формы его соединений в твердой фазе почвы, характера взаимодействия с другими почвенными ингредиентами, величины рН, биологической активности почвы и т. д. Концентрация ионов аммония, калия, магния, кальция и других катионов в почвенном растворе в значительной мере определяется количеством их в обменной форме в составе почвенного поглощающегося комплекса.

Растворимость фосфатов зависит от концентрации ионов кальция и рН раствора. Но влияние этих факторов на растворимость различных форм почвенных фосфатов не всегда одинаково. Так, уменьшение концентрации кальция в почвенном растворе и увеличение его кислотности на черноземах, содержащих кальциевые фосфаты, повышает растворимость последних. Но при подкислении почвенного раствора в условиях кислых дерново-подзолистых почв, содержащих фосфаты железа и алюминия, растворимость фосфатов, наоборот, снижается.

Состав почвенного раствора весьма динамичен. В микроразонах почвы, прилегающих к корням растений, постоянно извлекаются корнями из почвенного раствора питательные вещества. Для поддержания необходимого уровня питания растений убыль питательных веществ из

раствора должна возмещаться или простой диффузией ионов через жидкую фазу, или передвижением их вместе с водой. Вода постоянно движется по направлению к растениям, так как теряется при транспирации. Основная масса ионов переносится с водой, а диффузия имеет весьма ограниченное значение в передвижении ионов в почвенном растворе. Так, в зависимости от разницы в содержании влаги в микроареалах почвы с растениями и без них вода распространяется в почве в 500—500 тыс. раз быстрее, чем фосфорные ионы.

Ионы питательных элементов, передвигающиеся с водой, поддерживают не только соответствующую концентрацию в растворе на границе корни — почва, но и соответствующий уровень адсорбированных ионов в твердой фазе почвы в непосредственной близости к корням.

Таким образом, чем интенсивнее движение воды в зоне корней, тем выше будет концентрация раствора и тем благоприятнее складываются условия для снабжения растений питательными веществами.

Из почвенного раствора питательные вещества проникают в корни отчасти с транспирационным током влаги. Но при этом растения получают сравнительно небольшую долю требуемых им элементов. В основном же питательные вещества извлекаются из раствора физико-химической адсорбцией их на внешней поверхности корней.

В клетки корней растений ионы питательных веществ поступают различными путями. Этот процесс может носить пассивный характер, когда адсорбированные на поверхности корней ионы в неизменном виде проникают в так называемое внешнее, или свободное, пространство клеток и далее передвигаются с током воды по ксилеме проводящих сосудов к клеткам тканей надземных органов. Одновременно ионы поступают и метаболическим путем — адсорбированные на внешней поверхности протоплазмы клеток корней, они сразу же вовлекаются в интенсивный обмен и претерпевают соответствующие изменения.

Эти изменения носят необратимый характер, если ионы неорганических соединений участвуют непосредственно в синтезе органических веществ, например ионы NH_4^+ в синтезе аминокислот, белка, фосфатных ионов, нуклеиновых кислот и т. д. Обратимыми изменения бы-

вают в том случае, если неорганические ионы питательных веществ при взаимодействии с белками протоплазмы образуют лабильные неустойчивые комплексы, из которых без изменения ионы могут быть освобождены.

Питательные вещества наиболее энергично поступают в растения в период активного роста. По мере старения растений поступление питательных элементов из почвы снижается. Накопленные в период активного роста ионы отдельных питательных веществ при старении в какой-то степени могут даже выделяться из растений во внешнюю среду в результате экзоосмоса.

У сельскохозяйственных культур наблюдается неодинаковая потребность в азоте, фосфоре и калии. При максимальном развитии у многих растений ассимилирующая поверхность (листья) нуждается в усиленном азотном питании. В дальнейшем при умеренном азотном питании и усиленном фосфорно-калийном лучше обеспечивается синтез репродуктивных органов или товарной продукции. Это можно отнести к сахарной свекле, картофелю и другим культурам.

Из злаков наиболее растянут период поглощения питательных веществ у озимых хлебов. У озимых пшеницы и ржи содержание азота и калия достигает максимума в конце цветения — начале созревания зерна, а поступление фосфорной кислоты продолжается вплоть до полной спелости зерна. Поступление калия прекращается уже в конце колошения озимых культур, после чего он перераспределяется и повторно используется растениями. Существенные потери калия (20—30%) имеют место вследствие отмирания листьев, выделения (экзоосмоса) его соединений в почву и других причин.

У яровых культур активное поглощение питательных веществ непродолжительно, например у овса в течение 40—55 дней. У зерновых, бобовых этот период почти в 2 раза больше, особенно растянуто поступление фосфора.

В последние годы исследованиями установлено, что растениям свойственна некоторая ритмичность в поглощении питательных ионов через корневую систему. В течение суток у растений наблюдается четыре — шесть периодов поглощения анионов (нитраты, фосфаты, сульфаты) и катионов (калия, кальция). Каждый из этих периодов имеет один максимум и один минимум.

Эти ритмы отображают фазы возбуждения и торможения, сменяющие друг друга в жизнедеятельности организма растения.

Часть элементов корневого питания может поступать в растения и через листья, например аммиак и окислы серы из воздуха, соли, содержащиеся в дождевой воде, в том числе и микроэлементы. Однако только через листья потребности культур в минеральных питательных веществах не могут быть удовлетворены. Например, аммиака в 1 м³ воздуха содержится лишь около 1/50 мг. Наличие в воздухе окислов серы бывает заметным во многих индустриальных районах. При некотором минимуме сульфатной серы в почвах растения в состоянии усваивать и ее окислы из атмосферы.

Заметное количество йода и бора с осадками попадает на листья растений лишь в приморских областях и незначительное — остальных микроэлементов.

В связи с этим одно время много надежд возлагалось на внекорневое питание растений путем опрыскивания слабыми растворами солей. Предполагалось, что при таком методе применения фосфаты избегают ретроградации, что неизбежно в почвенных условиях, выщелачивания (селитры и другие соли, не поглощаемые почвами при отсутствии растений), закрепления почвенными минералами (аммоний, калий). Считалось, что внекорневым питанием можно сильно влиять на фотосинтез и другие процессы образования органических веществ путем применения в нужный момент тех питательных веществ, которые более всего необходимы растениям. Предприняты были довольно широкие испытания, но они далеко не оправдали надежд.

Оказалось, что большинство минеральных веществ даже в слабых концентрациях вызывают ожоги листьев. Из азотных удобрений для опрыскивания подходят лишь слабые растворы мочевины. С фосфорными и калийными солями дело обстоит не лучше. Выяснилось, что только внекорневым питанием добиться нормального роста культур почти невозможно. Несмотря на то, что листья способны использовать или передавать в нижележащие органы соли, проникшие через кутикулу при опрыскивании, этот прием решает лишь вспомогательные задачи и является дополнительным к обычному питанию через корни.

Использование в синтетических процессах минеральных ионов, поступивших через листья, например фосфатного, намного слабее, чем поглощенных корнями. Здесь, очевидно, сказывается приспособление высших растений к сложившемуся естественному разделению источников воздушного и корневого питания.

Поэтому более правильно говорить не о внекорневом питании, а о внекорневой подкормке растений.

В последние годы практикуется поздняя азотная подкормка пшеницы (в фазе колошения и даже позднее) с целью повышения содержания белков в зерне, если урожай при этом и не возрастает. Для этой подкормки целесообразно применять раствор аммиачной селитры (20—30 кг/га азота) с самолетов.

Повышение белковости зерна пшеницы настолько актуальная задача, что для решения ее нельзя пренебрегать ни одним способом, если он оправдан экономически.

Испытания поздних азотных подкормок пшеницы, проведенные в различных почвенно-климатических условиях СССР и за рубежом, дали благоприятные результаты в повышении содержания белковых веществ в зерне.

Растворимые в воде удобрения могут проникать в листья через устьица. Частично проникаема и покрывающая лист кутикула (диффузия). Кроме того, в замыкающих устьица клетках и вокруг них имеются тяжи протоплазмы (эктодесма), которые также способны к поглощению. Катионы проникают в листья быстрее, чем анионы. Недиссоциированные же молекулы мочевины поступают в 10—20 раз быстрее, нежели катионы и анионы. Клеточные стенки также обладают высокой ионообменной способностью. Характерно, что минеральные ионы проходят внутрь листа гораздо легче, чем в обратном направлении. Это свидетельствует о довольно прочном удержании листьями поступивших питательных веществ.

ВЛИЯНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Агрохимическими исследованиями установлено, что для нормального развития сельскохозяйственных культур необходимо создавать оптимальную реакцию среды.

Одни растения требуют нейтральной или слабощелочной среды, другие хорошо растут при слабокислой, а отдельные культуры растут и при кислой среде. Влияние реакции среды на растения зависит от их биологических особенностей. В таблице 2 приведены показатели pH, необходимые для нормального развития сельскохозяйственных культур. Однако следует иметь в виду, что действие реакции среды на развитие растений зависит от условия питания. Например, аммиачная форма азотных удобрений более эффективна при нейтральной или слабощелочной реакции среды. Фосфорные удобрения, не изменяя реакции среды, значительно ослабляют отрицательное действие кислой реакции.

Таблица 2

Реакция среды (pH), обеспечивающая оптимальное развитие растений

Культура	pH	Культура	pH
Яровая пшеница	6,0—7,5	Клевер	6,0—7,0
Озимая пшеница	6,3—7,3	Сераделла	5,4—6,5
Озимая рожь	5,5—7,5	Вика	5,7—6,4
Ячмень	6,8—7,5	Костер	7,0—7,5
Овес	5,0—7,7	Райграс	6,8—7,5
Кукуруза	6,0—7,0	Лисохвост	5,3—6,0
Рис	4,0—6,0	Тимофеевка	5,0—7,5
Просо	5,5—7,5	Капуста	6,5—7,4
Горох	6,0—7,0	Лук	6,4—7,9
Люпин	4,5—6,0	Огурцы	6,4—7,0
Картофель	5,0—5,5	Помидоры	6,3—6,7
Сахарная свекла	7,0—7,5	Редис	5,5—7,3
Кормовая свекла	6,2—7,5	Салат	6,0—6,5
Турнепс	6,0—6,5	Цикорий	6,0—6,5
Брюква	4,8—5,5	Чечевица	5,0—7,2
Морковь	5,5—7,0	Соя	6,5—7,1
Лен	5,5—6,5	Мак	6,8—7,2
Хлещак	6,4—7,9	Кенаф	6,0—7,3
Подсолнечник	6,0—6,8	Конопля	7,1—7,4
Люцерна	7,0—8,0	Чайный куст	4,5—6,0

Важно отметить, что для высокоэффективного использования удобрений необходимо создавать оптимальные условия среды, что можно достигнуть известкованием кислых почв.

ЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

АЗОТ

Азот — наиболее важный элемент не только в жизни растений, но и всего органического мира, начиная от вирусов и простейших микроорганизмов и кончая высокоорганизованными животными и человеком. Хотя азот содержится в растениях в сравнительно небольших количествах (0,5—4% сухого вещества), он представляет собой важнейший биологический элемент, так как является обязательной составной частью всех белков и аминокислот, нуклеиновых кислот, хлорофилла, алкалоидов, фосфатидов, многих витаминов, гликозидов, гормонов и других биологически активных соединений. Следует иметь в виду, что все ферменты, катализирующие процессы обмена веществ в растениях, — белковые вещества. Поэтому недостаточное снабжение растений азотом ослабляет образование белков-ферментов, что приводит к замедлению процессов биосинтеза, обмена всех групп химических соединений и резкому ослаблению интенсивности фотосинтеза — основного процесса, в результате которого возможна жизнь всех растений, животных и человека на земле. Уникальное значение азота определяется также и тем, что без него невозможно построение белков и нуклеиновых кислот, определяющих передачу наследственной информации во всех живых организмах.

Растения для синтеза органических веществ используют аммиачный азот быстрее, чем азот нитратов. Преимущество аммиачного питания по сравнению с нитратами в том, что аммиачный азот стоит ближе к продуктам синтеза азотсодержащих веществ в растениях.

Для синтеза аминокислот требуется восстановленная форма азота. Нитраты, прежде чем стать непосредственными продуктами синтеза аминокислот и белков, должны быть восстановлены внутри растений до аммиачного азота. При наличии достаточного количества углеводов в растениях нитраты восстанавливаются уже в корнях, которые ассимилируют нитратный азот.

Процесс ферментативного восстановления нитратов в растениях идет благодаря окислению углеводов. Нит-

раты восстанавливаются до аммиака с помощью ферментов, которые представляют собой металлофлавопротеиды. Для этих ферментов необходимы такие элементы, как молибден, медь, железо, марганец и др. Из них особенно важен для процессов восстановления нитратов молибден.

Аммиачный азот, поступивший в растения или образовавшийся в них в результате восстановления нитратов и нитритов, не накапливается в них. Накопление аммиачного азота может вредить растениям только в молодом возрасте.

В жизни растения большую роль играет процесс образования аминокислот прямым аминированием кетокислот. Аминокислоты способны передавать свои аминные группы другим кетокислотам: в этом случае протекает реакция переаминирования, то есть когда переходит аминогруппа аминокислоты в кетокислоту и в результате образуются аминокислоты. Переаминирование особенно важно для синтеза белков, а также для процесса дезаминирования аминокислот, когда идет образование кетокислот и аммиака.

Полученные таким образом кетокислоты в растениях участвуют в образовании углеводов, жиров и других веществ. Аммиак принимает участие в образовании аминокислот в результате прямого аминирования кетокислот, которые получают из углеводов. Кроме того, из аммиака образуются амиды аминокислот — аспарагин и глутамин.

В результате образования аспарагина и глутамина происходит обезвреживание аммиака при обильном аммиачном питании и при недостатке в растениях углеводов, а также при его накоплении в процессе дезаминирования аминокислот.

В отдельных растениях (щавель, осока, хвощ и др.), в которых накапливается значительное количество органических кислот, аммиак может обезвреживаться в результате образования аммонийных солей. Например, взаимодействие аммиака со щавелевой кислотой дает щавелевоаммоний. Кроме того, возможно и обезвреживание аммиака при образовании в растительных тканях мочевины.

Наряду с синтезом белков в растениях идут процессы их распада через аминокислоты до аммиака. Та-

ким образом, с одной стороны, аммиак, поглощенный растением или образовавшийся в результате восстановления нитратов, является первичным исходным материалом для синтеза белков, с другой стороны,— конечным продуктом распада белков.

Процессы азотного обмена веществ проходят в течение всего роста и развития растений. Характер этих процессов зависит от вида и возраста растений, условий среды, в частности условий питания, и других факторов.

В молодых растениях синтез белков значительно преобладает над их распадом. Исследования, проведенные с помощью изотопа азота (^{15}N), показали, что в молодых растениях азот белка обновляется полностью всего за 3 дня, а в старых листьях (подсолнечник) обновлялось около 12% белкового азота за 12 дней.

Эффективность азотного питания обуславливается формами азотных соединений и условиями их применения. В нейтральной среде обычно лучше проявляется действие аммиачного азота, чем нитратного. Калий и натрий способствуют большему поглощению нитратов, кальций и магний обеспечивают лучшее усвоение аммиака растениями.

Отношение растений к аммиачному и нитратному питанию зависит и от их обеспеченности углеводами. Растения, которые содержат малый запас углеводов в семенах, например свекла, значительно хуже переносят избыток аммиака, чем нитратов. Картофель, клубни которого имеют большой запас углеводов, способен переносить высокие дозы аммиака.

Таким образом, для нормального роста и развития растений требуются определенные условия их питания как нитратным, так и аммиачным азотом.

В растения азот поступает неравномерно. В ранние фазы состав растений характеризуется высоким содержанием азота. В этот период растения особенно требовательны к условиям минерального питания. Биологические особенности отдельных растений определяет характер поступления в них питательных элементов.

Работы, выполненные с применением меченых ^{15}N азотных удобрений, показали, что в вегетационных опытах растения усваивают только 50—60% внесенного азота. В полевых условиях величина усвоения азота

растениями оказалась еще меньшей, как правило, не превышающей 30—50%.

Рядом исследований установлено, что величина усвоения азота растениями зависима от формы внесенных удобрений, температуры, влажности почвы, показателя рН и других условий.

С понижением температуры наблюдается более сильное снижение поглощения растениями азота окисленных форм удобрений по сравнению с восстановленными, при этом в корнях растений накапливаются нитраты вследствие ингибирования процессов их восстановления и передвижения в надземные органы. При аммиачном питании в условиях пониженной температуры процессы синтеза аминокислот протекают более интенсивно, чем при нитратном, когда больше накапливается углеводов.

На поглощение корнями аммиачных или нитратных ионов влияет также аэрация и величина рН окружающего раствора. С ростом исходного рН поглощение корнями нитратов уменьшается, а аммония возрастает, при любом рН корни больше поглощают NH_4^+ , чем NO_3^+ . Аэрирование усиливает поглощение ионов аммония и не влияет на поглощение нитратов.

Величина усвоения растениями азота удобрений при низком содержании подвижных форм фосфора и калия меньше на 10—15%, чем при внесении фосфорных и калийных удобрений.

Использование азота удобрений растениями зависит от сроков их внесения. На дерново-подзолистой почве в первый год опыта при внесении азотных удобрений в фазы выхода в трубку и колошения пшеница использовала 46—49% меченого азота, в фазу молочной спелости — всего 13%.

Поглощенный неорганический азот в определенной последовательности включается в синтез азоторганических соединений — сначала образуются более простые, затем более сложные соединения (конституционные и запасные белки). При фосфорном голодании скорость включения азота в азотистые фракции заметно снижается, при этом тормозится его поглощение и передвижение в надземные органы.

В условиях недостатка кислорода нитратный азот используется только в процессе синтеза белка. В аэробных условиях преимущество имеет аммиачный азот.

Этот факт особенно важен при выборе ассортимента азотных удобрений для почв, обеспеченных в различной степени кислородом.

При внесении в почву азотных удобрений растения лучше и больше усваивают азот самой почвы, а дополнительно потребляемый из почвы азот обуславливает более высокие коэффициенты использования их азота, определенные по методу разности.

На хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах больше поступает в растения азота из самой почвы, чем на слабоокультуренных. Это положение имеет значение при разработке прогноза эффективности доз азотных удобрений для почв различного уровня плодородия.

Интенсивное использование растением азота почвы при внесении в нее азотных удобрений обусловлено мобилизацией азота органического вещества почвы, в результате чего он становится более доступен растениям.

Наряду с использованием растениями азота удобрений часть его закрепляется в почве в органической форме, а также теряется в виде газообразных соединений. Потери и закрепление в почве азота удобрений происходят в основном в первые 20—30 дней, когда он еще не полностью использован растениями и подвергается интенсивному воздействию гетеротрофных микроорганизмов, а также нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий.

В большинстве опытов закрепление азота в органической форме из нитратных удобрений было меньше, чем из аммиачных и мочевины. Потери же, наоборот, возрастали при внесении нитратных удобрений.

На кислых почвах, в которых накапливаются нитраты, потери внесенного азота могут достигать 55%.

Нитраты вступают в реакцию с органическим веществом, в результате чего образуются N_2 , N_2O , NO и какие-то органические формы азота, которые лишь на 50—60% гидролизуются при длительном кипячении с HCl . Механизм этих реакций до сих пор не ясен. Однако есть указания, что он включает образование нитрозоароматических соединений.

Возможны потери азота при фотоокислении органического вещества, а также в результате биологической денитрификации.

В результате биологического процесса окисления — нитрификации аммиака возможны потери азота из почвы даже в нейтральной и слабощелочной среде.

Под влиянием негумифицированного органического вещества — клетчатки и других углеводов потери азота удобрений из почвы сокращаются в 2—3 раза. При отношении углерода органического вещества к азоту удобрений, равном 30, потери азота удобрений с избытком компенсируются его фиксацией.

Один из путей снижения потерь азота — применение ингибиторов, избирательно действующих на нитрифицирующие микроорганизмы. Потери азота удобрений снижаются в 1,5—2 раза при внесении их вместе с ингибиторами, при этом в 2 раза возрастает закрепление азота в органическом веществе почвы.

Хорошее азотное питание при обеспеченности другими элементами, особенно фосфором и калием, способствует улучшению роста и развития растений. В то же время усиленное азотное питание при недостатке фосфатного и калийного очень часто приводит к неравномерности созревания культур, их полеганию, снижению сопротивляемости грибковым заболеваниям и неблагоприятным климатическим условиям. Поэтому при избыточном азотном питании необходимо обеспечить растения фосфором, калием, а также отдельными микроэлементами.

Рациональное применение азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных и высокой агротехники обеспечивает хорошее развитие сельскохозяйственных растений и в результате получение высоких урожаев хорошего качества.

ФОСФОР

Этот элемент входит в состав сложных белков (нуклеопротеидов), нуклеиновых кислот, фосфатидов, фитина, фосфорных эфиров, сахаров, В-ферментов и других биологически активных веществ. Все они содержат фосфор в органической форме. Значительное количество его находится в растениях в минеральной форме и используется в различных реакциях фосфорилирования (превращение углеводов с участием фосфорной кислоты).

Соединения фосфора с адениловой кислотой (аденизиндифосфаты и аденизинтрифосфаты) занимают ведущее место в энергетическом обмене в клетке. Они богаты макроэргическими связями, в которых аккумулируется энергия, освобождающаяся при дыхании растений и используемая в разнообразных процессах синтеза.

Основным источником фосфатного питания растений в природных условиях служат соли ортофосфорной кислоты. Пирофосфаты и метафосфаты также могут быть использованы сельскохозяйственными культурами. При этом пирофосфаты усваиваются после гидролиза, а метафосфаты и без гидролиза.

Соли одновалентных катионов ортофосфорной кислоты хорошо растворимы в воде и легко усваиваются растениями, так же как и соли двухвалентных катионов ортофосфорной кислоты, если они замещают в кислоте один водород (главным источником таких соединений является суперфосфат, содержащий в своей основе монокальций фосфат — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$). Двухзамещенные фосфаты двухвалентных катионов (например, дикальций-фосфат — CaHPO_4) нерастворимы в воде. Однако они хорошо растворяются в слабых кислотах, в том числе и органических, которые присутствуют в почве в результате микробиологических процессов почвенной микрофлоры. Поэтому такие соединения ортофосфорной кислоты также служат хорошим источником питания фосфором сельскохозяйственных культур.

Трехзамещенные ортофосфаты двухвалентных катионов [например, трехкальциевый фосфат $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] практически нерастворимы в воде, очень слабо растворимы в слабых кислотах и плохо усваиваются растениями. Но такие культуры, как люпин, гречиха, горчица, эспарцет, горох и конопля, способны достаточно хорошо усваивать трехкальциевые фосфаты и тонкоразмолотые фосфориты. Очень слабо используется растениями фосфор средних и особенно основных солей трехвалентных катионов ортофосфорной кислоты. Органические фосфорные соединения при воздействии ферментов микрофлоры переходят в минеральные фосфаты, которые и усваиваются растениями.

Растения поглощают фосфаты более интенсивно в первый период роста, чем в последующие. Недостаток фосфорного питания в ранний период роста растений

очень сильно сказывается на дальнейшем их развитии. При этом фосфорное голодание в начале развития растения невозможно полностью преодолеть последующим внесением фосфора, более того, обильное фосфорное питание отрицательно сказывается на развитии сельскохозяйственных культур.

Исследования с применением радиоизотопов фосфора позволили установить большую скорость передвижения фосфатов из почвы в растения и внутри них. Фосфор, поступающий в растение, очень неравномерно распределяется между его органами и тканями. Растущие клетки растений снабжаются фосфором значительно больше, чем клетки, деление которых прекратилось. В фазу созревания репродуктивных органов к ним очень энергично передвигаются фосфаты из вегетативных частей растения.

Основная часть фосфора сосредоточивается в товарной части урожая. Поэтому необходимо заботиться о достаточном обеспечении фосфорным питанием сельскохозяйственных культур. При нормальном питании злаковых культур фосфатной пищей ускоряется их развитие и созревание, повышается сопротивляемость к полеганию, а также улучшается качество продукции.

Минеральные фосфаты, поступая в растения, включаются в целый ряд важнейших органических соединений, играющих большую роль в превращениях питательных веществ и энергии, взаимосвязь которых определяет направленность и интенсивность процессов роста и развития растений и в конечном счете их продуктивность.

Метаболизм фосфатов в растительном организме зависит от многих условий, в том числе и от различного уровня минерального питания.

Неорганические (минеральные) фосфаты могут составлять значительную часть общего фосфора растений. Они часто являются запасным фосфором, хотя при исключении его из питательной среды в растениях происходит как усвоение минеральных фосфатов, так и реутилизация органических фосфорных соединений. По мере созревания культур в листьях часто наблюдается снижение содержания всех фракций фосфора, в том числе и минеральных, в связи с использованием их на формирование репродуктивных органов. В ходе роста и формирования клубней картофеля минеральные фос-

фаты участвуют в синтезе фитина и нуклеопротеидов, при этом относительное количество минерального фосфора в клубне снижается. Повышенные дозы фосфорных удобрений увеличивают содержание минерального фосфора в органах растений.

Наиболее полноценное минеральное питание усиливает интенсивность использования минеральных фосфатов в процессе синтеза органических веществ.

Органические кислоторастворимые фосфаты — это в основном нуклеотиды, сахарофосфаты и фитин. Они имеют большое значение в процессах жизнедеятельности сельскохозяйственных культур. Нуклеотиды играют большую роль при поглощении клеткой растения минеральных фосфатов. Участие поглощаемого фосфора в процессе обмена начинается с вовлечения его в состав нуклеотидов и некоторых других фосфорных соединений, после чего богатые энергией остатки фосфорной кислоты переходят в другие органические соединения и прежде всего в сахара.

В соединении с сахарами фосфорная кислота образует эфиры-гексозофосфаты, которые играют большую роль в процессах дыхания и брожения. Они являются также промежуточными соединениями синтеза более сложных форм фосфорных соединений.

Фитин представляет собой кальциево-магниевую соль инозитпентафосфорной и инозитгексафосфорной кислот. В больших количествах он содержится в семенах растений (до 80% от общего фосфора). В зеленых частях растений на долю фитина приходится до 2% от общего фосфора. В растениях он представляет главным образом резервную форму фосфора.

Содержание в растениях кислоторастворимых органических фосфатов заметно изменяется под влиянием различного минерального питания. Многие авторы отмечают увеличение содержания гексозофосфатов и фитина в различных органах растений под влиянием улучшенного фосфорного питания. Применение НРК повышает содержание кислоторастворимых органических фосфорных соединений в корнях и листьях растений. Повышенный уровень азотно-калийного питания увеличивает их содержание в клубнях картофеля.

Фосфатиды содержатся в растениях в небольших количествах, но широко распространены в растительном

мире. В различных количествах фосфатиды имеются в каждой растительной клетке. Фосфатиды — вещества липоидного характера, то есть жироподобные, отличающиеся от жиров наличием в них фосфора и азота или только одного фосфора. Они являются конституционными составными частями протоплазмы, участвуют в создании ее структуры, в строении мембраны клетки, митохондрий и хлоропластов, а также в процессах обмена различных веществ.

Удобрения могут влиять на содержание фосфатидов в растении, особенно в молодом возрасте, хотя эти фосфаты и являются одной из наиболее устойчивых форм фосфорных соединений.

Внесение полного минерального удобрения на окультуренной почве способствует накоплению фосфатидов в листьях растений. Высокие дозы фосфорных удобрений увеличивают содержание фосфатидов в молодых растениях.

К наиболее важным органическим фосфорным соединениям растений относятся нуклеиновые кислоты и нуклеопротеиды. Нуклеиновая кислота, состоящая из одной молекулы основания, фосфорной кислоты и углевода, называется нуклеотидом, или моонуклеотидом. В соединении с белковыми веществами фосфорная кислота находится в растениях в виде нуклеопротеидов. Нуклеиновые кислоты и нуклеопротеиды имеют прямое отношение к росту и делению клеток, оплодотворению, образованию клеточных и тканевых структур, синтезу ферментов, явлениям регенерации, и, следовательно, их содержание связано с ростом и развитием организма.

Синтез белка теснейшим образом связан с образованием и превращением нуклеиновых кислот. Азот и фосфор не только исходный материал для новообразования нуклеиновых кислот, но и непременное условие для реализации их в белковом синтезе или других процессах, связанных с ростом растений.

Изменения в содержании фосфорных соединений в растительном организме отражаются на росте и развитии растения, а также урожай и его качество. Интенсивный фосфорный обмен в растениях начинается сразу же при прорастании семян. Поступающий в растение во время начального периода роста фосфор аккумулируется в белках листьев, что связано с улучшением роста

культур. Молодые быстрорастущие части растений, как правило, наиболее богаты нуклеопротеидами, в них же наблюдается и наиболее интенсивное образование протоплазмы и ядер, основу которых составляют белковые структуры.

Изменения в фосфорном обмене, вызванные различными условиями минерального питания, влияют и на качественные показатели урожая — содержание белка в зерне, сахара в сахарной свекле, крахмала в картофеле, масла в семенах подсолнечника. При оптимальных условиях минерального питания процессы обмена веществ в растении протекают более равномерно, что способствует не только формированию высокого урожая, но и его хорошему качеству.

КАЛИЙ

Калий необходим растениям, животным и микроорганизмам. Значение этого элемента многообразно. Калий обеспечивает течение такого важного процесса, как фотосинтез, активизирует деятельность многих ферментов. Он важен для растения и тем, что повышает гидрофильность (оводненность) коллоидов протоплазмы. При нормальном калийном питании растения легче переносят кратковременные засухи, чем при его недостатке.

Оптимальное обеспечение сельскохозяйственных культур калийным питанием повышает содержание сахара в плодах и овощах, крахмала в клубнях картофеля, увеличивает прочность волокна у льна, осмотическое давление в клеточном соке, что способствует зимостойкости растений. Хорошее калийное питание повышает у растений устойчивость к возбудителям грибных заболеваний.

Большая часть калия находится в клеточном соке, а меньшая — адсорбированная коллоидами и очень незначительная — необменно удерживается митохондриями в протоплазме растения.

Недостаток калия тормозит развитие растений и приводит к значительному снижению урожая и его качества. Внешние признаки калийного голодания проявляются рано и по-разному у различных сельскохозяйственных культур. Один из наиболее специфических признаков

калийного голодания — краевой «запал». Листья (края и кончик листа) становятся желтого и желто-коричневого цвета, имеют как бы обожженный вид. Сначала заболевают старые листья нижних ярусов, затем и более молодые. Это связано с тем, что при недостатке калия на образование новых листьев он расходуется из листьев нижних ярусов.

Калий находится почти во всех органах и тканях растений, но чаще всего в неодинаковых количествах. Так, в соломе злаков калия содержится гораздо больше, чем в семенах, в ботве картофеля больше, чем в клубнях. Особенно его много в молодых растениях, в которых энергично делятся клетки. Наоборот, в старых тканях и запасных отложениях его всегда бывает меньше. Наибольшее накопление калия в растениях в большинстве случаев совпадает с периодом цветения.

Интенсивное поглощение калия свойственно молодому растению. Это особенно характерно для зерновых культур: потребление калия ими обычно прекращается к периоду цветения, после чего он может даже частично выделяться через корни в почву. У некоторых культур, в первую очередь корнеклубнеплодов, калий накапливается почти до момента уборки (сентябрь — октябрь), хотя наибольшее его количество бывает в июле — августе.

СЕРА

Сера входит в состав многих веществ, играющих важную роль в жизнедеятельности растений и определяющих их продуктивность.

Она содержится в таких незаменимых соединениях, как аминокислоты (метионин, цистин, цистеин), и в отдельных промежуточных соединениях, принимающих участие в их синтезе. Аминокислоты участвуют в биохимических функциях растений и не только влияют на величину урожая, но и определяют его качество, биологическую ценность. Сера входит в состав протеолитических энзим и каталитических соединений (аневрин — витамин В₁, тиамин, пенициллин и др.). Она принимает участие в формировании веществ с дисульфосвязями в структуре протоплазмы. Синтез ряда азотистых небел-

ковых соединений (глюкозиды, глутатион) происходит под влиянием серы. При этом глутатион играет большую роль в окислительно-восстановительных процессах.

Большая роль серы установлена в синтезе масел у крестоцветных растений (горчица, сурепка и др.), а также в синтезе хлорофилла, отсюда при ее недостатке тормозится фотосинтез и возникает явление хлороза листьев.

Содержание серы у многих видов растений сравнительно небольшое и колеблется от 0,50% (в стеблях рапса) до 0,14% (в корнях сахарной свеклы). Однако возможны значительные колебания по содержанию серы в одних и тех же растениях. Это связано как с генетическими факторами, так и с различным уровнем питания растений серой. Установлено, что критическое содержание серы для отдельных растений может быть выражено следующими величинами: люцерна 0,20—0,22%, клевер белый — 0,26%, хлопчатник в раннюю фазу бутонизации — 0,50%.

Многочисленные микроорганизмы способны использовать различные соединения серы, а корни высших растений — только серу в виде SO_4^{--} . Листья могут также усваивать из атмосферы окисленную серу SO_2 . Такие соединения серы, как серная кислота, сульфиды, сульфаты и сероуглерод, токсичны для растений.

Содержание серы в почве очень колеблется и в зависимости от ее типа может составлять от 2 до 3500 мг на 100 г почвы. Сера в почве находится преимущественно в органической форме и только 10—15% — в форме SO_4^{--} . Характерно, что гумус имеет отношение N:S почти постоянное — от 8:1 до 12:1.

Благодаря атмосферным осадкам, особенно в районах, расположенных близко к морю и промышленным центрам, почва может получать большое количество серы (до 100 кг/га и выше). В среднем количество серы в почве, обеспечивающее нормальное питание растений, должно составлять не менее 10—15 кг/га. Ниже этого уровня обнаруживается серная недостаточность.

Недостаток серы в почве отражается прежде всего на активности микробов — метаболиторов серы в образовании гумуса.

Положительное влияние серы часто остается незамеченным, так как воздействует она главным образом

не на величину урожая, а на его качество. Кроме того, внешнее проявление серного голодания растений обычно маскируется почти полным сходством с признаками недостатка азотной пищи. Это связано с тем, что азот и сера имеют общие сходные черты в метаболизме растений.

При разработке системы применения удобрений, как правило, вопросы питания серой не были ведущими, так как в составе удобрений (суперфосфат, сульфат аммония) содержалось большое количество серы в виде SO_4^{--} .

С переходом на концентрированные удобрения, в составе которых содержание серы снижено, встает вопрос об обеспечении серными удобрениями сельскохозяйственных культур в районах, где может проявиться серная недостаточность.

КАЛЬЦИЙ

Кальций — необходимая часть протоплазмических структур. Соединения его с пектиновыми веществами составляют основу срединных пластинок, склеивающих стенки отдельных клеток. При недостатке кальция ослабляется развитие корневой системы растений. В отличие от калия он снижает гидрофильность коллоидов и оводненность протоплазмы. Концентрируется кальций главным образом в старых тканях растений.

Основная функция кальция в растении — обезвреживание образующихся в тканях органических кислот. Этот элемент оказывает большое влияние на поступление питательных веществ в растения. На кислых почвах его внесение устраняет избыточное проникновение в растения ионов водорода, алюминия, железа и марганца. Кальций способствует усвоению растениями аммиачного азота.

МАГНИЙ

Магний входит в состав хлорофилла и, следовательно, участвует в процессе фотосинтеза. Он играет важную роль в обмене веществ в клетках как активатор

ферментов (киназ), осуществляющих отщепление и перенос фосфорной кислоты. В растениях до 50% магния входит в органические соединения, а остальное количество находится в виде растворимых солей.

При недостатке магния наблюдается увеличение количества воды в растениях.

ЖЕЛЕЗО

Железо входит в состав некоторых ферментов, которые влияют на образование хлорофилла и дыхание растений. При недостатке этого элемента наступает хлороз растений, листья теряют нормальную зеленую окраску. Особенно чувствительны к недостатку железа плодовые культуры и виноград.

При недостатке железа распадаются стимуляторы роста (ауксины). Железное голодание растений чаще всего проявляется на карбонатных и сильно известкованных почвах.

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

Для нормальной жизни растениям необходимы и другие элементы, в том числе микроэлементы: бор, молибден, марганец, медь, цинк и др.

Бор играет большую и многообразную роль в биохимических и физиологических процессах в растениях. При его отсутствии отмирают точки роста растений, что связано в первую очередь с нарушениями в передвижении углеводов. Борное голодание уменьшает сопротивляемость растений к болезням (гнили сердечника у сахарной свеклы, бактериоз у льна, головни и ржавчины у озимой пшеницы).

Молибден входит в фермент нитратредуктазу, который участвует в восстановлении нитратного азота. Этот микроэлемент способствует также фиксации молекулярного азота клубеньковыми бактериями. Кроме того, он улучшает условия кальциевого питания бобовых и других растений.

Марганец принимает участие в окислительно-восстановительных процессах и взаимодействует с железом в ферментных системах. При участии марганца накапливающиеся в растениях закисные формы железа переходят

дят в окисные, что устраняет их токсичность. В растениях должно быть определенное соотношение железа и марганца (1,5—2,5 : 1). Марганец участвует в синтезе витамина С и др., усиливает накопление сахара в корнеплодах, белков — в зерновых культурах. Недостаток марганца наблюдается на нейтральных и щелочных почвах.

Медь. Роль меди в растениях прежде всего связана с окислительными процессами. Она входит в состав таких важных ферментов, как полифенолоксидазы, аскорбиноксидазы и др. Медь оказывает стабилизирующее влияние на хлорофилл, что усиливает фотосинтетическую деятельность зеленых растений. При недостатке меди растения болеют (болезнь обработки, белая чума, болезнь верещатиков), а также теряют тургор.

Медь влияет на углеводный и белковый обмены.

Цинк входит в состав ряда ферментов и усиливает их активность. Например, он повышает активность ферментов каталазы, пероксидазы и др. Недостаток цинка нарушает липоидный и углеводный обмены, в растениях содержится меньше сахарозы и крахмала и больше редуцирующих сахаров.

При недостатке цинка также снижается содержание фосфорорганических соединений и процесс образования хлорофилла, в результате появляется пятнистый хлороз, желтуха. Повышенная чувствительность к недостатку цинка отмечена у кукурузы, сои, фасоли и других культур.

Сельскохозяйственные культуры значительно различаются между собой по потребности микроэлементов.

Общие запасы серы, магния и ряда микроэлементов для развития растений обычно в почве достаточны. Эти питательные вещества попадают в нее и вместе с основными удобрениями. Однако в доступных растениям формах этих элементов часто бывает недостаточно. Поэтому в отдельных случаях, в зависимости от свойств почвы или особенностей возделываемых культур, возникает необходимость внесения специальных удобрений: на песчаных почвах — магниевых, на торфяно-болотных — медных, на почвах, богатых известью, — марганцевых, а на карбонатных — железных. Лен и сахарная свекла хорошо отзываются на внесение борных, а бобовые — молибденовых удобрений.

Среднее содержание питательных веществ и воды в урожае
важнейших культур (в % к общему весу)

Культура и продукция	N	Зола	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Вода
Пшеница озимая:								
зерно	2,80	1,73	0,50	0,06	0,07	0,15	0,85	14,3
солома	0,45	4,86	0,90	0,06	0,28	0,11	0,20	14,3
Пшеница яровая:								
зерно	3,40	2,32	0,60	0,06	0,05	0,22	0,85	14,3
солома	0,67	3,48	0,75	0,06	0,26	0,09	0,20	14,3
Рожь озимая:								
зерно	2,20	1,83	0,60	0,06	0,09	0,12	0,85	14,3
солома	0,45	3,93	1,00	0,10	0,29	0,09	0,26	14,3
Рожь яровая:								
зерно	2,50	1,93	0,60	0,05	0,05	0,20	0,92	14,3
солома	0,56	4,20	0,75	0,06	0,40	0,12	0,20	14,3
Кукуруза:								
зерно	1,91	1,23	0,37	0,01	0,03	0,19	0,57	14,4
солома	0,75	4,37	1,64	0,05	0,49	0,26	0,30	15,0
Ячмень яровой:								
зерно	2,10	2,55	0,55	0,10	0,10	0,16	0,85	14,3
солома	0,50	4,49	1,00	0,50	0,33	0,09	0,20	14,3
Овес:								
зерно	2,30	2,88	0,50	0,05	0,16	0,17	0,85	14,3
солома	0,65	6,45	1,60	0,40	0,38	0,12	0,35	14,3
Рис, зерно	1,20*	5,26*	0,32**	0,12**	0,07**	0,18**	0,81**	12,01*
Просо:								
зерно	1,85	2,97	0,50	—	0,10	—	0,65	14,0
солома	—	3,80	1,59	0,07	0,13	0,05	0,18	16,0
Гречиха:								
зерно	1,80	1,15	0,27	0,07	0,05	0,15	0,57	14,0
солома	0,80	5,25	2,42	0,11	0,95	0,19	0,61	16,0
Сорго:								
зерно	2,08	2,70	0,40	0,22	0,02	0,35	0,67	12,0
солома	0,80	3,82	0,57	0,25	0,66	0,05	0,35	16,0
Горох:								
зерно	4,50	2,63	1,25	0,02	0,09	0,13	1,00	14,3
солома	1,40	3,91	0,50	0,18	1,82	0,27	0,35	16,0
Фасоль, зерно	3,68	3,90	1,72	0,06	0,24	0,29	1,38	—

* В чешуе.

** Без чешуи.

Культура и продукция	N	Зола	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Вода
Люпин синий:								
зерно	4,80	3,68	1,14	0,03	0,28	0,45	1,42	13,0
солома	1,00	4,06	1,77	0,13	0,97	0,34	0,25	16,0
Соя:								
зерно	5,80	2,84	1,26	0,03	0,17	0,25	1,04	10,0
солома	1,20	3,23	0,50	0,07	1,46	0,05	0,31	14,0
Вика:								
зерно	4,55	2,66	0,80	0,21	0,22	0,24	0,99	14,3
солома	1,40	4,43	0,63	0,69	1,56	0,37	0,27	16,0
Чечевица,								
зерно	4,80	2,70	0,88	0,06	0,17	0,07	0,98	14,0
Бобы по-								
левые:								
зерно	4,08	3,08	1,29	0,03	0,15	0,22	1,21	14,5
солома	1,25	4,47	1,94	0,08	1,20	0,26	0,29	16,0
Хлопчатник								
(упланд):								
семена	3,00	3,90	1,25	0,02	0,20	0,54	1,10	11,7
волокно	0,34	1,93	0,91	0,03	0,16	0,17	0,06	—
коробочки	2,54	8,33	3,43	0,05	1,06	0,28	0,32	—
листья	3,20	15,93	1,28	0,31	6,14	0,12	0,50	—
стебли	1,46	4,50	1,31	0,11	1,00	0,41	0,21	—
Лен:								
семена	4,00	3,27	1,00	0,07	0,26	0,47	1,35	11,8
солома	0,62	3,03	0,97	0,25	0,69	0,20	0,42	12,0
Конопля:								
семена	3,50	4,58	0,94	0,04	1,09	0,26	1,69	12,3
солома	0,27	3,10	0,55	0,06	1,68	0,21	0,21	10,8
Подсолнеч-								
ник:								
семена	2,61	3,30	0,96	0,10	0,20	0,51	1,39	10,0
целое								
растение	1,56	10,00	5,25	0,10	1,53	0,68	0,76	8,6
Горчица,								
семена	4,50	3,61	0,59	0,20	0,70	0,37	1,46	13,0
Рапс:								
семена	3,50	3,76	1,00	0,06	0,41	0,34	1,80	11,8
солома	0,70	4,77	1,00	0,39	2,00	0,21	0,25	16,0
Мак:								
семена	3,20	5,19	0,70	0,05	1,82	0,49	1,62	14,7
солома	1,00	4,77	1,84	0,06	1,47	0,31	0,16	16,0
Клещевина, семена	2,75	2,70	0,39	0,05	0,46	0,28	0,65	5,1
Чай, готовый продукт	4,70	5,70	1,90	0,14	0,46	0,50	0,36	—

Культура и продукция	N	Зота	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Вода
Табак:								
листья	2,45	14,20	5,09	0,45	5,07	1,04	0,66	18,0
стебли	1,64	7,31	3,82	0,66	1,24	0,05	0,92	18,0
Махорка		21,28	3,03	0,75	9,68	1,86	1,11	—
Хмель:								
целое растение	2,50	7,22	1,79	0,19	1,97	0,70	0,58	14,0
стебли	1,57	3,89	1,12	0,14	1,25	0,27	0,39	16,0
шишки	3,22	6,56	2,30	0,15	1,10	0,36	1,11	12,0
Виноград:								
лоза	0,41	1,29	0,41	0,13	0,40	0,07	0,14	55,0
ягоды	0,17	0,85	0,50	0,01	0,07	0,04	0,14	83,0
Свекла сахарная:								
корни	0,24	0,57	0,25	0,07	0,06	0,05	0,08	75,0
ботва	0,35	1,42	0,50	0,30	0,17	0,11	0,10	83,5
Свекла кормовая:								
корни	0,19	0,86	0,42	0,15	0,03	0,04	0,07	88,0
ботва	0,30	1,51	0,25	0,50	0,16	0,14	0,08	90,5
Картофель:								
клубни	0,32	0,97	0,60	0,02	0,03	0,06	0,14	75,0
ботва	0,30	2,49	0,85	0,10	0,80	0,21	0,10	77,0
Турнепс:								
корни	0,18	0,63	0,29	0,06	0,07	0,02	0,08	92,0
ботва	0,30	5,2	0,28	0,11	0,39	0,05	0,09	89,8
Брюква:								
корни	0,21	0,70	0,35	0,04	0,04	0,03	0,11	87,0
ботва	0,34	2,02	0,42	0,08	0,65	0,08	0,20	88,4
Топинам-бур:								
корни	0,20	0,96	0,62	0,10	0,03	0,03	0,06	80,0
ботва	0,60	1,80	0,31	0,02	0,50	0,13	0,07	80,0
Морковь кормовая:								
корни	0,18	0,93	0,40	0,18	0,07	0,05	0,11	89,0
ботва	0,34	3,10	0,60	0,20	1,50	0,15	0,08	82,0
Цикорий:								
корни	0,25	0,67	0,26	0,10	0,05	0,03	0,08	80,0
ботва	0,35	1,68	0,43	0,29	0,33	0,04	0,10	85,0
Луговое сено	1,70	7,48	1,80	0,22	0,95	0,41	0,70	14,3
Райграс английский, сено	1,63	6,09	2,02	0,20	0,43	0,13	0,62	14,3

Культура и продукция	N	Зола	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Вода
Люцерна в начале цветения (сено)	2,60	5,29	1,50	0,11	2,52	0,31	0,65	16,0
Клевер красный в цвету (сено)	1,97	5,38	1,50	0,11	2,01	0,63	0,56	16,0
То же, созревший	1,25	4,62	1,20	0,14	1,58	0,69	0,44	15,0
Клевер белый в цвету (сено)	2,32	5,91	1,31	0,44	1,84	0,58	0,78	16,5
Экспарцет в цвету (сено)	2,50	4,91	1,30	0,15	1,68	0,63	0,46	16,7
Сераделла (сено)	2,45	3,16	2,19	0,17	1,82	0,28	0,91	16,7
Вика в цвету (сено)	2,27	4,54	1,00	0,24	1,63	0,46	0,62	16,7
Тимофеевка (сено)	1,55	5,91	2,04	0,11	0,49	0,20	0,70	16,0
Люпин зеленый (сырая масса)	0,55	0,72	0,30	0,05	0,16	0,06	0,11	85,0
Горох зеленый (сырая масса)	0,65	1,37	0,52	0,05	0,35	0,14	0,15	81,5

В последние годы установлено положительное влияние кобальта на урожай сахарной свеклы, бобовых, льна и других сельскохозяйственных культур, а также йода и ванадия для отдельных культур.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ

Содержание отдельных элементов в химическом составе сельскохозяйственных культур и вынос их урожаями значительно колеблется в зависимости от кли-

матических, почвенных и агротехнических условий, а также сортовых особенностей растений. В таблице 3 приведено среднее содержание питательных веществ и воды в урожае основных сельскохозяйственных культур.

Исследованиями ВИУА были выявлены географические закономерности изменения химического состава основных сельскохозяйственных культур и вынос ими азота фосфора и калия (табл. 4).

Таблица 4

Зависимость химического состава растений от типа почвы
(по данным П. Г. Найдина, И. В. Гулидовой)

Культура	Почва	Уро- жай, ц/га	Вынос (на 1 т основ- ного урожая с по- бочной продукцией), кг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Картофель	Дерново-подзолистая	129	4,0	1,6	5,8
Картофель	Чернозем типичный	210	6,7	2,0	5,9
Овес	Дерново-подзолистая	14,9	22,2	10,9	20,0
Овес	Чернозем выщелоченный	19,2	31,0	11,7	39,6
Озимая рожь	Чернозем выщелоченный	24,6	31,4	12,7	26,0
Озимая рожь	Дерново-подзолистая	18,2	26,9	9,7	23,7
Кукуруза на зерно	Серая и темно-серая	49,4	28,0	8,3	19,4
Кукуруза на зерно	Светло-каштановая	45,7	31,0	11,9	34,0

Эти исследования показали, что содержание азота в кукурузе на серых и темно-серых лесных почвах по сравнению со светло-каштановыми изменяется на 10%, по фосфору — на 43% и по калию — на 71%.

По овсу при переходе от дерново-подзолистых к черноземным почвам вынос азота возрастал на 40%, фосфора — на 11% и калия — на 98%.

Зависимость выноса питательных веществ от применения удобрений характеризуется данными таблицы 5.

Качественные показатели сельскохозяйственных культур определяются не только количественным содержанием в них различных элементов, но и составом питательных веществ, в которые входят эти элементы.

Так, пищевая ценность зерна зерновых и бобовых культур определяется главным образом белками и крахмалом, а некоторых бобовых, например сои, и жиром (табл. 6).

Таблица 5

Вынос питательных элементов в зависимости от внесения удобрений

(по данным П. Г. Найдина, И. В. Гулидовой)

Культура	Почва	Фон	Урожай, ц/га	Вынос (на 1 т основного урожая с побочной продукцией), кг		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Картофель	Дерново-подзолистая	О	129	4,0	1,6	5,8
Картофель	Дерново-подзолистая	NPK	242	4,5	2,6	6,7
Овес	Чернозем выщелоченный	О	19,2	31,0	11,7	39,6
Овес	Чернозем выщелоченный	NPK	22,7	39,0	14,4	52,0
Озимая пшеница	Дерново-подзолистая	О	12,2	21,6	7,5	15,8
Озимая пшеница	Дерново-подзолистая	NPK	23,3	22,0	8,0	19,3
Озимая пшеница	Серозем поливной	О	35,4	24,2	11,4	28,5
Озимая пшеница	Серозем поливной	NPK	48,5	28,5	11,7	29,9
Кукуруза на зерно	Серая и темно-серая лесная	О	49,4	28,0	8,3	19,4
Кукуруза на зерно	Серая и темно-серая лесная	NPK	60,8	29,0	10,2	25,6
Горох на зерно	Светло-каштановая с поливом	О	39,4	62,0	4,6	23,4
Горох на зерно	Светло-каштановая с поливом	NPK	51,5	64,5	7,6	27,7

Наибольшее количество белка в зерне отмечается у пшеницы, меньшее — в зерне риса. Однако в зависимости от сортовых особенностей культур, климатических условий и других факторов содержание белка может значительно изменяться. Например, количество белка в зерне пшеницы может колебаться в пределах 9—26%, ржи — 9—19, овса — 8—21, ячменя — 7—25, проса —

8—20, кукурузы — 5—20 и риса — 5—11%. Белков в семенах бобовых содержится в среднем в 2—3 раза больше, чем в семенах злаковых культур.

Таблица 6

Средний химический состав зерна злаковых и бобовых культур
(в % от веса сухой массы)

Культура	Белок	Крахмал	Жир	Клетчат- ка	Сахара	Зола
Пшеница	16	60	1,9	2,8	4,3	2,2
Рожь	13	65	1,7	2,2	5,0	2,0
Овес	12	45	5,5	14,0	2,0	3,8
Ячмень	12	55	2,0	6,0	4,0	3,5
Кукуруза	10	70	4,6	2,1	3,0	1,3
Рис	7	63	2,3	12,0	3,6	6,0
Просо	12	58	4,6	11,0	3,8	4,0
Горох	28	43	1,2	6,0	8,0	3,3
Бобы	29	42	1,3	6,0	6,0	3,4
Соя	39	3	20,0	5,0	10,0	5,8
Вика	29	43	2,3	6,0	4,8	3,2
Фасоль	23	55	1,8	3,8	5,2	3,3
Чечевица	30	47	1,0	3,6	3,5	3,3
Люпин	32	3	5,0	16,0	2,0	3,8

Количество белка в семенах бобовых культур также имеет значительное колебание (12—40%). В семенах люпина было обнаружено даже 61,27% белка от веса сухой массы. Это наибольшее количество белка, которое было определено в семенах растений.

По обобщенным данным Всесоюзного НИИ растениеводства, в нашей стране содержание белка в зерне злаковых культур повышается с севера на юг и с запада на восток, а в семенах зернобобовых растений — с северо-запада на юго-восток и восток, но пределы относительной изменчивости количества белков в зерне бобовых культур гораздо меньше, чем в зерне злаков.

Золы в зерне злаков содержится очень немного. В зерне пшеницы, ржи, кукурузы среди зольных элементов главное место занимают фосфор и калий, а в золе ячменя, проса и других пленчатых злаковых меньше фосфора, калия, но значительно больше кремнезема. В золе семян зернобобовых, так же как в зерне злако-

вых, содержится большое количество фосфора и калия. По сравнению со злаками в золе семян бобовых меньше магния и больше кальция и особенно серы (табл. 7).

Таблица 7

Содержание зольных элементов в золе семян зерновых и зернобобовых культур, %.

Культура	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	FeO ₃	Na ₂ O	SiO ₂	Cl
Пшеница	49,2	31,1	3,2	12,1	0,4	0,3	2,1	2,0	3,0
Кукуруза	36,5	34,0	1,3	13,6	1,2	0,3	4,1	1,0	2,4
Рожь	47,7	32,1	2,9	11,2	1,3	1,2	1,5	1,4	0,5
Просо	22,0	11,2	0,7	9,5	0,3	1,0	1,4	52,9	0,3
Ячмень	33,0	16,0	0,6	8,8	3,0	1,2	4,1	29,4	1,0
Горох	35,9	43,1	4,8	8,0	3,4	0,8	1,0	0,9	1,6
Соя	30,9	45,1	6,6	7,7	3,0	1,3	1,5	1,3	0,8
Фасоль	33,6	40,0	6,1	8,8	3,0	0,5	1,5	1,0	0,8
Чечевица	36,3	34,7	6,3	5,5	3,2	2,0	1,0	1,0	1,0
Вика	33,0	40,2	6,6	9,2	6,0	1,2	1,2	1,1	1,2

В РСФСР возделываются масличные культуры, ценность семян которых в основном определяется содержанием жира (табл. 8).

Таблица 8

Средний химический состав семян масличных культур (в % от веса сухого вещества)

Химический состав	Подсолнечник		Лен	Конопля	Горчица
	целые семена	ядра			
Жир	34	56	37	34	32
Белок	16	26	26	22	28
Клетчатка	25	6	8	19	19
Другие углеводы	20	6	22	20	24
Зола	3,8	3,8	4,0	4,0	5,0

Следует отметить, что семена этих культур богаты также и белком.

В настоящее время в стране возделываются сорта подсолнечника, выведенные академиком В. С. Пустовойтом, содержащие в семенах 48—52 и даже 58% жира.

В РСФСР значительные площади занимают ценнейшие продовольственные, кормовые и технические культуры — картофель, сахарная свекла, кормовая и столовая свекла, морковь и др.

Основные химические вещества в клубнях картофеля — крахмал, сахара, клетчатка, азотистые соединения, жир и зольные элементы, а также витамины, ферменты, алкалоиды и др.

Ценность корнеплодов зависит в первую очередь от содержания в них сахаров, а также витаминов (табл. 9).

Таблица 9

Средний химический состав основных веществ в клубнях картофеля и корнях корнеплодов
(в % от веса сырой массы)

Культура	Крахмал	Сахара	Клетчат- ка	Сырой протеин	Зола
Картофель	17,5	1,0	1,0	2,0	1,0
Сахарная свекла	—	18,0	1,2	1,2	0,6
Кормовая свекла	—	8	1,5	1,2	1,0
Столовая свекла	—	10	0,8	1,2	1,0
Морковь	—	7	1,7	1,2	1,0

Содержание крахмала в клубнях картофеля в зависимости от сорта и почвенно-климатических и агротехнических факторов может колебаться от 8 до 24%, в корнях сахарной свеклы количество сахара может изменяться от 12 до 24%. Колебания в содержании сахаров имеются и в других корнеплодах.

В Российской Федерации все большее значение приобретает возделывание овощных, плодовых и ягодных культур. Их ценность определяется в первую очередь содержанием сахаров, белков, витаминов органических кислот, а также минеральных веществ (табл. 10).

В состав некоторых овощных культур входят фитонциды — вещества, подавляющие рост микроорганизмов.

Среднее содержание основных веществ в овощных, плодовых
и ягодных культурах
(в % от веса сырой массы)

Культура	Сахара	Органи- ческие кислоты	Азотис- тые ве- щества (N x 6,25)	Клетчат- ка	Зола	Аскор- бино- вая кисло- та, мг%
Капуста белоко- чанная	4,0	0,3	1,3	0,8	0,7	30
Цветная капуста	3,0	0,1	2,5	1,2	0,8	100
Помидоры	3,0	0,5	0,6	0,2	0,5	30
Перец сладкий	4,0	0,2	1,5	1,0	0,7	200
Баклажаны	3,0	0,2	0,9	1,0	0,5	5
Огурцы	1,5	0,005	0,8	0,5	0,4	5
Лук	10,0	0,2	1,6	0,6	0,5	7
Чеснок	0,5	0,2	7,0	1,0	1,0	15
Яблоки	9	0,7	0,4	1,0	0,4	25
Груши	10	0,2	0,4	0,8	0,4	15
Виноград	18	0,7	0,7	0,2	0,6	6
Земляника	18	1,4	1,4	1,2	0,5	50
Крыжовник	7	2,0	0,8	2,3	0,5	35
Смородина	8	2,5	1,4	2,0	0,5	200
Вишни	9	1,8	0,9	0,2	0,5	17
Апельсины	7	1,4	0,9	2,5	0,7	65
Лимоны	2,5	5,8	0,9	2,5	0,6	55

Получение высокого урожая хорошего качества находится в тесной зависимости от свойств почв.

Общий запас питательных веществ в почвах и содержание их в доступной для растений форме, характер и интенсивность процессов перехода питательных веществ из неусвояемого состояния в усвояемое и обратный ход этих процессов в значительной степени определяют питание растений и потребность их в удобрениях. Знание состава почвы, ее свойств и происходящих в ней физико-химических, химических и биологических процессов весьма важно для эффективного применения удобрений.

МИНЕРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ ПОЧВ

Минеральная часть почв обычно составляет до 55—60% от ее объема и до 90—97% от веса. Поверхностные слои горных пород служат тем исходным материалом, из которого образуются различные почвы, и в той или иной мере свойства материнской породы проявляются в свойствах и составе почв. Почвообразующими породами на большей части РСФСР являются осадочные горные породы: моренные отложения, флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески и супеси, покровные и лессовидные суглинки, лессы (табл. 11).

Механические свойства горных пород, их плотность и проницаемость, минералогический состав и химические особенности существенно сказываются на характере почвообразовательных процессов. Первоначальный запас в горных породах фосфора, кальция, серы, калия и других элементов в значительной степени определяет естественное плодородие почв.

Химический состав некоторых осадочных почвообразующих пород,
% (по Ковде, 1973)

Порода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	F ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂
Валун- ные су- глинки некар- бонат- ные	75,44	12,33	—	4,42	1,05	0,94	1,19	1,44	—
Валун- ные су- глинки карбо- натные	68,10	7,95	—	5,45	5,50	3,54	0,76	0,91	3,83
Покров- ные лес- совид- ные су- глинки некар- бонат- ные	72,91	12,50	—	3,52	1,32	1,42	—	—	—
Лессы	70,45	8,09	—	2,81	8,08	1,78	2,80	1,36	4,39
Пески флювио- гляци- альные	91,29	4,40	—	0,70	0,70	0,24	—	—	—
Пески древне- аллюви- альные	95,87	1,96	0,05	0,63	0,31	0,18	0,37	0,30	—
Извест- няки	5,19	0,81	0,04	0,54	42,57	7,89	0,33	0,05	41,54

Минералы, слагающие почвы и почвообразующие по-
роды, делятся на три основные группы:

1. Первичные минералы: полевые шпаты, силикаты, кварц, слюда, представленные скелетными и крупнопесчаными частицами.

2. Вторичные глинные минералы и окислы, представленные глинистыми и коллоидными частицами.

3. Растворимые минералы (соли), например галит — NaCl, сильвин — KCl, натрит (сода) — Na₂CO₃·10H₂O, гипс — CaSO₄·2H₂O и т. д.

Важнейшие химические (количество и состав питательных или вредных веществ), физические (структура, проницаемость, набухание) и биохимические свойства тесно связаны с минеральным составом почв. Особенно существенное влияние на свойства почв оказывают глинные и водорастворимые минералы, характерные компоненты осадочных пород. Многие вторичные глинные минералы обладают подвижной кристаллической решеткой, развитой поглотительной способностью, свойствами сорбировать воду и набухать, очень выраженными коллоидными свойствами. Эти свойства вторичных глинных минералов передаются почвам. Значительные количества токсических для растений солей в почвообразующих породах приводят к исходной высокой засоленности почв.

Источником питательных веществ для растений служат минералы, находящиеся в составе почв, из которых поступают в раствор фосфор, калий, кальций, магний, сера, микроэлементы. Каждый элемент сосредоточен в определенных минералах: калий — в полевых шпатах, слюдах, фосфор входит в состав апатита и т. д. Горбуновым (1974) предложена дифференциальная оценка запасов (резервов) зольных элементов, содержащихся в минералах.

Общий резерв — все содержание зольных элементов в почвах, определяемое валовым анализом, делится на непосредственный, ближний и потенциальный резервы. Непосредственный резерв — это содержание подвижных элементов, определяемое вытяжками, принятыми для данного типа почв. Количество элементов, находящихся в илистой фракции почв $< 0,001$ мм, называется ближним резервом, так как растения будут извлекать зольные элементы из илистой фракции, когда их нет в непосредственном резерве. Зольные элементы, содержащиеся во фракции более 0,001 мм, называются потенциальным резервом. Они менее подвижны и постепенно переходят в ближний и непосредственный резервы.

В качестве примера приведем порядок расчета резервов для K_2O . Исходными величинами служат содержание K_2O в почве в целом, во фракции менее 0,001 мм, в агрохимической вытяжке (например, в 0,5 н уксусной кислоте) и количество (%) фракции менее 0,001 мм в почве. Допустим, валового K_2O в почве в целом най-

дено 2,07%, то есть 2070 мг на 100 г. Непосредственный резерв равен количеству K_2O в 0,5 н уксуснокислой вытяжке — 17,3 мг на 100 г. Ближний резерв вычисляется умножением K_2O (мг) во фракции менее 0,001 мм на количество (%) этой фракции и делится на 100. Если фракции менее 0,001 мм составляют 24,9%, а K_2O в этой фракции — 3,01%, то резерв равен $(3010 \times 24,9 : 100)$ 749 мг на 100 г почвы.

Потенциальный резерв получают вычитанием из общего резерва непосредственного и ближнего, или $2070 - 740 - 17,3 = 1304$ мг на 100 г почвы. Аналогичным образом можно сделать расчет для P_2O_5 , кальция, магния, микроэлементов. Такие расчеты важны для оценки эффективного и потенциального плодородия почв, выявления их потенциальных возможностей в обеспечении питательными веществами растений.

МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Многие агрохимические свойства почв зависят от их механического состава. В почвах различного механического состава разная потребность в удобрениях и извести.

Таблица 12

Классификация механических элементов почвы
(по Качинскому)

Эффективный диаметр механических элементов почвы, мм	Название механических элементов (фракции)
≥ 3	Камни
3—1	Гравий
1—0,5	Песок крупный
0,5—0,25	Песок средний
0,25—0,05	Песок мелкий
0,05—0,01	Пыль крупная
0,01—0,005	Пыль средняя
0,005—0,001	Пыль мелкая
$< 0,001$	Ил
$\geq 0,01$	Физический песок
$< 0,01$	Физическая глина

Разделение почвенных частиц по крупности проводится обычно механическим анализом по методу Качинского, обоснованному на неодинаковой скорости падения в воде частиц разного диаметра. Слагающие почву механические элементы в зависимости от их размеров делятся на ряд фракций (табл. 12).

Разновидности почв по механическому составу определяют по содержанию в них указанных фракций.

В таблице 13 приведена единая для всех типов почв классификационная шкала по их механическому составу.

Таблица 13

Единая классификационная шкала почв по механическому составу

Содержание физической глины фракции < 0,01 мм, %	Основное наименование разновидностей почвы	Дополнительное название по преобладающей фракции
0—5	Рыхлопесчаная	Песчаные * и крупнопылеватые
5—10	Связнопесчаная	
10—20	Супесчаная	
20—30	Легкосуглинистая	Песчаные, крупнопылеватые, пылеватые и иловатые
30—40	Среднесуглинистая	
40—50	Тяжелосуглинистая	
50—65	Легкоглинистая	
65—80	Среднеглинистая	Пылеватые и иловатые
80—100	Тяжелоглинистая	

* Это название обычно опускается.

Непосредственно в поле механический состав почв определяют примерно следующим образом. Если из влажной почвы можно скатать шнур и завернуть его в кольцо — почва глинистая, скатать шнур можно, но при свертывании в кольцо он ломается — почва суглинистая, шнур скатать нельзя, но легко скатать шарик — почва супесчаная, нельзя скатать шарик — почва песчаная.

Механический состав почвы в значительной мере влияет на ее плодородие и эффективность удобрений. От механического состава зависят физические, физико-механические и водные свойства почв, а также пористость, влагоемкость, водопроницаемость, структурность, воздушный и тепловой режимы.

С механическим составом связано также содержание в почвах зольных элементов питания растений и азота. Чаще всего количество питательных веществ в почвах уменьшается от тяжелых к легким по механическому составу. На легких почвах калийные и азотные удобрения могут частично вымываться осадками.

ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Эффективность удобрений, особенно в районах недостаточного и неустойчивого увлажнения, зависит от водных свойств почв. Наиболее важное свойство почв — максимальная гигроскопичность, по которой определяют влажность устойчивого завядания и предельную полевую влагоемкость. Эти величины, различные у разных почв (табл. 14), позволяют вычислить диапазон активной влаги — максимальный запас ее, доступной растениям. Этот запас влаги определяют по разности между полевой влагоемкостью и влажностью устойчивого завядания.

Таблица 14

Показатели водных свойств почв, %

Почва	Максимальная гигроскопическая влага	Коэффициент завядания	Полевая влагоемкость
Дерново-подзоли- стые супесчаные	0,4—0,8	0,7—1,5	15—25
Дерново-подзоли- стые суглинистые	1,2—2,1	2,0—4,0	30—35
Серые лесные	2,5—3,2	4,5—6,0	35—40
Черноземы	4,5—8,0	8,0—15	40—50
Каштановые	4,0—5,0	7,0—10	35—45

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ

Органическое вещество — важнейшая составная часть почв, наличие и формы которого в наибольшей степени определяют почвенное плодородие и отличают почву от горных пород.

В органическом веществе почв различают вещества неспецифической природы, которые представлены соединениями, известными в органической химии (белки, жиры, углеводы, воск, смолы, лигнин, органические кислоты и др.) и специфической природы — собственно гумусовые вещества: гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумин, представляющие группу специфических органических кислот, обладающих общностью строения, но отличающихся по степени дисперсности и некоторым свойствам. Вещества неспецифической природы составляют 10—15% общего содержания органических веществ, 85—90% приходится на долю специфических веществ.

Гуминовые кислоты — темно окрашенные органические соединения, часть гумуса, растворимая в щелочах и осаждаемая при подкислении экстракта. Они представляют собой гетерогенную и полидисперсную группу высокомолекулярных азотсодержащих оксикислот с единым принципом строения, но отличающихся деталями. Элементарный состав их молекул составляет (в %): С — 50—62, Н — 2,8—6,6, О — 31—40, N — 2,0—6,0.

Гуминовые кислоты разных типов почв имеют отличия в элементарном составе в деталях строения, а следовательно, и в свойствах. В почвах от подзолистых к черноземным отмечено возрастание содержания углерода в элементарном составе и отношения С:Н и уменьшение этих величин при переходе к каштановым и бурым полупустынным почвам.

Конституционной частью молекулы гуминовых кислот являются функциональные группы: карбоксильные, фенолгидроксильные, метаксильные, амидные и карбонильные.

Кислотные свойства, емкость поглощения, растворимость и способность образовывать органоминеральные соединения обусловлены наличием этих функциональных групп в молекулах гуминовых кислот.

К фульвокислотам относятся фракции щелочерастворимых органических веществ, которые не осаждаются кислотами и отличаются от гумусовых кислот более светлой окраской. Отличительной чертой фульвокислот является их высокая мобильность.

Фульвокислоты — это как бы начальные формы гуминовых кислот, либо продукты их деструкции. Глав-

ное отличие фульвокислот от гуминовых сводится к повышению роли кислорода за счет снижения количества углерода. Они также отличаются более низким отношением С : Н. В составе молекул фульвокислот содержится — С — 40—52%, Н — 4—6, О — 40—48, N — 2—6%. Фульвокислоты имеют менее конденсированное ароматическое ядро и больший удельный вес периферических алифатических цепей.

Гумин — органические вещества, наиболее прочно связанные с минеральной частью почв, не извлекаемые многократной обработкой щелочью из декальцинированной почвы. Только путем растворения минеральной части почвы в плавиковой кислоте удалось исследовать гумин и установить его близость к гумусовым кислотам. В направлении от фульвокислот к гумину увеличивается степень полимеризации, снижается дисперсность их частиц, уменьшаются коллоидные свойства и кислотность.

Гумусовые вещества в почве находятся также в форме комплексных органоминеральных соединений. Однако процессы взаимодействия органических веществ с минеральной частью почвы сложны и недостаточно изучены.

Таблица 15

Содержание и состав гумуса в верхнем горизонте почв
(Кононова, 1969)

Почвы	Гумус, % от веса почвы	Отношение ГК : ФК	Подвижные формы гуму- совых кислот, % от общего количества
Дерново-подзоли- стые	3—4	0,8	100
Серые лесные	4—6	1,0	20—30
Мощный чернозем	9—10	1,7	20—15
Обыкновенный черно- зем	7—8	2—2,5	10—15
Светло-каштановые	1,5—2,0	2,2—1,5	10
Бурые полупустын- ные	1,0—1,2	0,5—0,7	10

Содержание гумусовых веществ в почвах является характерным генетическим их признаком. Каждый тип почв характеризуется определенным количеством гумуса и распределением его по профилю, а также соотношением в гумусе гуминовых кислот и фульвокислот (табл. 15).

Органические вещества почв играют сложную и разнообразную роль в формировании и развитии почвенного плодородия. Органическое вещество определяет в значительной степени направление процессов почвообразования, биохимические, химические и физические свойства почв.

Ежегодные циклические процессы синтеза и медленной минерализации свежих органических веществ и гумуса приводят к систематическому поступлению в почвенные растворы в форме доступных минеральных соединений важнейших элементов питания растений: азота, фосфора, серы, калия, кальция, микроэлементов.

Велика роль гумусовых веществ в образовании ценной водоустойчивой структуры и благоприятных для растений водно-воздушных свойств почвы. С содержанием и составом гумуса связаны тепловой баланс, сложение и окраска почвы, ее удельный и объемный вес, емкость поглощения. Не меньше влияют органические вещества на кислотность и окислительно-восстановительный потенциал почв.

Они являются регуляторами минерального питания растений. Населяющие почвы макро- и микроорганизмы черпают в почвенном органическом веществе необходимые для их существования энергию и минеральные соединения.

Органическое вещество почв — универсальный аккумулятор и экономный распределитель наиболее ценной части энергии, связанной в гумусе, необходимой для нормального обмена и круговорота веществ в природе. Поэтому актуальным вопросом является сохранение и накопление эффективных форм органического вещества в пахотном и подпахотном горизонтах почв путем внесения органических удобрений и травосеяния.

ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ

Почва обладает способностью поглощать вещества из растворов и взвесей. Это важнейшее свойство почвы называется поглотительной способностью. Особенно большой вклад в изучение поглотительной способности почвы и ее влияния на плодородие внес академик К. К. Гедройц.

Он выделил пять видов поглотительной способности почв: механическую, биологическую, физическую, химическую и физико-химическую.

Механическая поглотительная способность — это способность почвы не пропускать через себя частицы, взмученные в фильтрующейся воде. Механическая поглотительная способность зависит от механического и агрегатного состава почвы и ее сложения.

Биологическая поглотительная способность называется закрепление веществ в телах организмов, обитающих в почве. Благодаря избирательному усвоению организмами веществ после их отмирания в верхних горизонтах почв аккумулируются такие жизненно важные элементы, как азот, фосфор, кальций и др.

Физическая поглотительная способность почвы связана с присутствием в почвенных системах свободной поверхностной энергии, вызывающей концентрирование или разжижение растворенных в почвенном растворе веществ у поверхности соприкосновения твердых частиц почвы с почвенной влагой. Растворенное вещество как бы притягивается или отталкивается поверхностью твердых частиц почвы. Особенностью физического поглощения является поглощение почвой целых молекул.

Химическая поглотительная способность выражается в том, что анионы растворенных солей, которые дают с катионами почвенного раствора нерастворимые соли, будут выпадать из раствора в виде соответствующих солей, примешивающихся к твердой фазе почвы. Например, $3\text{CaSO}_4 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 = \downarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$.

Физико-химическая, или обменная, поглотительная способность заключается в обмене катионов твердой фазы почвы на эквивалентное количество катионов, находящихся в соприкасающемся с нею растворе: (почва) $\text{Ca}^{+2} + 2\text{KCl} \rightleftharpoons (\text{почва}) \overset{\text{K}^+}{\text{K}} + \text{CaCl}_2$.

Между катионами твердой фазы почвы и катионами почвенного раствора всегда устанавливается равновесие.

Катионы, находящиеся на поверхности почвенных частиц и обладающие способностью к обмену на катионы соприкасающегося раствора, называют обменными, или поглощенными, а ту часть почвы, которая обладает способностью их удерживать в обменном состоянии, — почвенным поглощающим комплексом.

Физико-химическая поглотительная способность почв, как и многие другие их свойства, определяется почвенными коллоидами.

Коллоидная частица вместе с находящимися на ее поверхности слоями ионов называется коллоидной мицеллой. Внутренняя часть мицеллы называется ядром.

На поверхности ядра коллоидов расположены два слоя, состоящие из двух противоположно заряженных ионов. Внутренние ионы называются потенциалопределяющими, внешние — компенсирующими. Потенциалопределяющие ионы почвенных коллоидов обычно имеют отрицательные заряды, компенсирующие — положительные. Компенсирующие ионы называются обменными, или поглощенными, катионами. Сумма этих катионов составляет емкость поглощения.

Ядро мицеллы вместе с потенциалопределяющими ионами называется гранулой, а гранула вместе с неподвижным слоем компенсирующих ионов — частицей.

По знаку заряда частиц различают: а) отрицательно заряженные коллоиды, или ацидоиды (кислотные коллоиды), к которым относятся коллоидные формы гумуса, кремневых кислот, глинные минералы; б) положительно заряженные коллоиды, или базойды, к которым относятся гидроокиси алюминия и железа, имеющие положительный заряд. Однако многие коллоиды имеют амфолитоидный характер. В слабокислой, нейтральной или слабощелочной среде амфолитоиды чаще имеют отрицательный заряд. В кислой и особенно в сильнокислой среде они легко получают положительный заряд.

Ацидоидный характер большинства почвенных коллоидов предопределяет преимущественно отрицательный заряд частиц и является причиной того, что почвенные коллоиды адсорбируют катионы. Однако амфолитоидная природа почвенных коллоидов, наличие среди них коллоидов с положительным зарядом способствуют также

тому, что наряду с катионами в ослабленной форме происходит поглощение анионов.

Сумма обменных катионов в почве (включая водород) иначе называется емкостью поглощения катионов и выражается в мг·экв на 100 г почвы.

Вследствие разнообразия природных условий и особенностей почв состав обменных катионов различных почвенных типов неодинаков. Так, обменные катионы черноземов представлены в основном кальцием и магнием. Подзолистые и дерново-подзолистые почвы, кроме кальция и магния, содержат обменные водород и алюминий. Для солонцов и солонцеватых почв характерно наличие среди обменных катионов поглощенного натрия (табл. 16).

Таблица 16

Обменные катионы и емкость поглощения катионов
некоторых типов почв, мг·экв/100 г
(по Горбунову, 1974)

Почвы	Глубина, см	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Ем- кость по- глоще- ния
Дерново- средне-под- золистые	1—5	28,1	6,6	Нет	Нет	10,5	45,0
	20—30	1,9	1,4	»	»	1,2	4,5
	50—60	1,2	2,1	»	»	6,5	14,8
	180—190	4,4	2,6	»	»	1,0	8,3
Темно-серые	0—7	35,4	3,5	Сле- ды	Нет	Нет	38,9
	20—30	14,3	2,0	»	»	»	16,3
	70—80	11,9	3,0	»	»	1,0	15,9
	170—180	14,9	3,0	»	»	0,8	18,7
Чернозем типичный	0—10	43,9	9,6	0,1	0,1	Нет	53,7
	70—80	27,8	9,6	0,1	0,05	»	37,5
	160—170	27,6	9,5	0,1	0,05	»	37,2
	0—10	10,3	5,1	1,5	0,5	Нет	17,4
Солонец степной	18—23	16,1	9,3	1,3	2,4	»	29,1
	45—50	17,1	8,0	1,4	2,5	»	29,0
	95—100	14,0	6,5	1,5	2,7	»	24,7

Все почвы, в зависимости от состава поглощенных катионов, делятся на насыщенные и ненасыщенные основаниями. Насыщенные основаниями почвы в составе поглощенных катионов не содержат водорода и алюминия, например черноземы обыкновенные. Ненасыщенные

основаниями почвы, кроме кальция и магния, содержат поглощенный водород и алюминий, например подзолистые почвы.

Степень насыщенности почвы основаниями вычисляют исходя из данных определения гидролитической кислотности и суммы обменных оснований по формуле:

$$V = \frac{S}{S+H} \cdot 100,$$

где V — степень насыщенности основаниями, %;

S — сумма поглощенных оснований, мг·экв на 100 г почвы;

H — гидролитическая кислотность, мг·экв на 100 г почвы.

Степень насыщенности почв натрием, или количество обменного натрия, выраженное в процентах к емкости поглощения почвы, называют степенью солонцеватости. Эту величину находят по формуле:

$$X = \frac{A \cdot 100}{E},$$

где X — степень солонцеватости, %;

A — количество обменного натрия, мг·экв на 100 г;

E — емкость поглощения, мг·экв на 100 г.

Энергия поглощения катионов почвой зависит от их валентности. Поэтому двухвалентные катионы поглощаются энергичнее, чем одновалентные. У одновалентных катионов энергия поглощения возрастает с увеличением атомного веса. Вытеснение же поглощенного катиона, то есть десорбция, протекает тем полнее, чем меньше его валентность и атомный вес.

Необменное поглощение почвой катионов. Некоторые катионы, например калий, аммоний и др., могут частично закрепляться почвами и в необменной форме, фиксируясь в кристаллической решетке таких минералов, как мусковит, вермикулит и монтмориллонит.

Необменная фиксация аммония и калия почвами изменяется в широких пределах в зависимости от механического и минералогического состава почв. У черноземов она выражена больше, чем у дерново-подзолистых почв. Необменно поглощенные почвой калий и аммоний меньше доступны растениям, чем обменные.

Физико-химическое поглощение анионов и, в частности, фосфорной кислоты сопровождается эквивалентным обменом других анионов. Установлено, что NO_3^- и HCl^- не поглощаются, а отталкиваются частицами твердой фазы почв. Наблюдается следующий ряд поглощений анионов почвами: $\text{OH}^- > \text{PO}_4^{3-} \gg \text{SO}_3^{2-} \geq \text{SO}_4^{2-}$.

Все почвы способны в большей или меньшей степени поглощать анионы, особенно анионы фосфорной кислоты. Наиболее энергично поглощение анионов фосфорной кислоты происходит в тех почвенных горизонтах, в которых много подвижных полуторных окислов. Связывание фосфорной кислоты возрастает от чернозема к подзолистой почве и особенно к красноземам. Доступность поглощенного фосфат-аниона растениям понижена.

Состав поглощенных катионов существенно влияет на физико-химические свойства почв, кислотность, подвижность органических веществ и степень дисперсности минеральной части почвы, ее агрегатность (структуру) и физические свойства. Почвы, насыщенные кальцием и магнием, отличаются агрономически ценной структурой. Солонцовые почвы, содержащие 20—30% обменного натрия от емкости поглощения, отличаются неблагоприятной в агрономическом отношении столбчатой и глыбистой структурой. Липкость и связность почв (их сопротивление обработке) особенно велики у почв, насыщенных натрием.

РАДИОАКТИВНОСТЬ ПОЧВ

Радиоактивность почв обусловлена содержанием в них радиоактивных химических элементов. Естественная радиоактивность почв зависит, главным образом, от содержания урана, радия, тория и радиоактивного изотопа калия (K^{40}). Эти элементы обычно находятся в почвах в крайне рассеянном состоянии.

Валовое содержание радиоактивных элементов в разных почвах неодинаково. Почвы тяжелого механического состава содержат радиоактивных элементов больше, чем почвы легкие. Высокой радиоактивностью обладают пойменные почвы, тогда как торфяные почвы верховых болот характеризуются низким содержанием радиоактивных элементов.

Искусственная радиоактивность вызывается загрязнением почв радиоактивными изотопами. Она обусловлена в основном стронцием-90 и цезием-137, представляющими наибольшую опасность для человека. Значительная часть Sr^{90} и Cs^{137} усваивается почвами по типу ионообменного поглощения, при этом стронций легко вытесняется, а цезий способен частично поглощаться и необменно.

Наиболее прочно они закрепляются в дерново-карбонатных почвах и черноземах и слабее — в дерново-подзолистой суглинистой почве. Почвы с высоким содержанием гумуса обладают, как правило, более высокой сорбирующей способностью. Тяжелые по механическому составу почвы сильнее закрепляют поглощенные радионуклиды, чем легкие.

Прочность закрепления радионуклидов связана также с минералогическим составом почв. Наибольшей погложительной способностью радиоактивных продуктов обладают минералы монтмориллонитовой группы и гидрослюда, меньшей — каолинитовой группы и группы слюд. Поглощенный цезий-137 в отличие от стронция-90 прочнее сорбируется минералами. На легких почвах стронций-90 мигрирует на большую глубину, чем на тяжелых.

Вследствие разного закрепления в почвах Sr^{90} интенсивнее поступает в растения, чем Cs^{137} . На легких почвах в растения больше проникает радиоактивных изотопов, чем на тяжелых. Поступление Sr^{90} в растения снижается на окультуренных почвах при внесении удобрений и известковании. Резко снижают проникновение Cs^{137} в растения калийные удобрения, а Sr^{90} — фосфаты щелочных металлов.

КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВ

На территории РСФСР широко распространены дерново-подзолистые почвы, отличающиеся в своем большинстве повышенной кислотностью.

Физико-химическая погложительная способность почв в значительной мере объясняет природу почвенной кислотности. Кислотность органических почвенных коллоидов преимущественно обусловлена обменным водородом,

кислотность минеральных коллоидов — водородом и алюминием. В солевом растворе кислых почв содержится как алюминий, так и водород в различных соотношениях.

Окончательного решения вопроса о природе почвенной кислотности нет. Различают активную кислотность почвенного раствора или вытяжек, выраженную в рН, и потенциальную кислотность твердой фазы почвы (обменную и гидролитическую), выраженную в мг-экв на 100 г почвы.

Принято характеризовать: 1) реакцию почвенной среды по величине рН водной вытяжки, 2) реакцию солевой вытяжки из почв по величине рН вытяжки 1,0N раствором KCl, 3) обменную кислотность по количеству щелочи, затрачиваемой на титрование солевой (1,0N KCl) вытяжки, 4) гидролитическую кислотность по количеству щелочи, затраченной на титрование вытяжки, приготовленной на нейтральном растворе гидролитически щелочной соли (соли сильного основания и слабой кислоты, например уксуснокислого натрия).

Более точно величину гидролитической кислотности можно получить методом кривых титрования, определяя количество щелочи, которое требуется прибавить в солевую суспензию для доведения ее до определенного значения рН (например, рН 6).

Таблица 17

Виды кислотности
(по Н. П. Карпинскому)

Количество кислотности (потенциальная кислотность)	Интенсивность кислотности
--	---------------------------

I. Кислотность твердой фазы почвы

- | | |
|---|--|
| 1. Обменная кислотность | А. Степень кислотности почвы |
| а) поглощенный алюминий | |
| б) собственно обменная кислотность. поглощенные ионы водорода | Б. Степень подвижности поглощенного алюминия |
| 2. Гидролитическая кислотность | |

II. Кислотность почвенного раствора (и вытяжек)

Титруемая кислотность

Активная кислотность (рН)

Наглядная классификация видов почвенной кислотности дана Н. П. Карпинским, который вводит понятия количества кислотности (фактор емкости) и интенсивности кислотности (фактор интенсивности). Количество кислотности охватывает общее содержание компонентов, способных реагировать по кислотному типу. Фактор интенсивности указывает, в какой мере эти компоненты проявляют себя в действии в конкретных условиях среды или эксперимента (табл. 17).

Во всех почвах определяют рН водной вытяжки, рН солевой вытяжки; обменную и гидролитическую кислотности — только в почвах, не насыщенных основаниями.

В почве присутствуют преимущественно слабые кислоты или кислые их соли, поэтому рН почвенного раствора в большинстве почв колеблется от 4,5 до 7, но в некоторых почвах рН бывает меньше или больше этих величин. Если значение $\text{pH} > 7$, то в ней присутствуют щелочные соли, например углекислый натрий и калий, гидрокарбонат кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Кроме того, щелочная реакция может быть вызвана присутствием в поглощающем комплексе натрия.

Активная кислотность влияет непосредственно на развитие растений и микроорганизмов. Многие сельскохозяйственные культуры и полезные почвенные микроорганизмы отрицательно относятся к повышенной кислотности. Показатель рН солевой вытяжки используют для определения степени кислотности почв и примерных доз извести.

Почвы, имеющие высокую обменную кислотность, отличаются особо неблагоприятными свойствами и требуют первоочередного известкования. Обменная кислотность, обусловленная в значительной мере обменным алюминием, наиболее вредна растениям. По гидролитической кислотности рассчитывают дозы извести и определяют формы удобрений, в частности возможность применения фосфоритной муки.

На кислых, особенно слабобуферных почвах, нельзя применять высокие дозы кислых удобрений без их нейтрализации.

Почвы обладают буферной способностью, то есть свойством препятствовать изменению реакции при добавлении к ним кислот, щелочей, а также при увеличе-

нии или уменьшении влажности. В слабобуферных почвах реакция может резко изменяться от внесения кислых удобрений. В почвах, обладающих хорошей буферностью, этого не произойдет. Хорошую буферность по отношению к кислотам имеют почвы (черноземы), богатые органическими и минеральными коллоидами и содержащие много поглощенных оснований. Почвы, бедные коллоидами (подзолистые), содержащие мало кальция и магния, имеют плохую буферность по отношению к кислотам.

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ

ОСНОВНЫЕ ЗОНЫ И ИХ ПОЧВЫ

На территории РСФСР можно выделить несколько природных зон:

1. Лесная — подзолистые и дерново-подзолистые почвы.
2. Лесостепная — серые лесные почвы, оподзоленные и выщелоченные черноземы.
3. Степная — обыкновенные и южные черноземы.
4. Сухостепная — темно-каштановые и каштановые почвы.
5. Пустынно-степная (полупустынная) — светло-каштановые и бурые полупустынные почвы.
6. Восточно-Сибирская таежная — мерзлотно-таежные и палевые почвы.
7. Дальневосточная лесная — бурые лесные и лугово-черноземовидные почвы.

ЛЕСНАЯ ЗОНА

В лесной зоне основные массивы пахотных земель приурочены к южной подзоне дерново-подзолистых почв. В этой подзоне распаханно около 30—40% площади.

Наиболее распространенными почвами на большей части этой территории являются дерново-подзолистые; наряду с ними в соответствующих условиях встречаются и другие типы и подтипы почв: дерновые, подзолисто-болотные и болотные. Кроме того, по долинам рек распространены пойменные почвы.

Для этой подзоны характерно большое разнообразие почв по механическому составу.

В северо-западном районе преобладают суглинистые, супесчаные и песчаные почвы на морене и водно-ледниковых отложениях, часто карбонатных.

В центральных и южных районах распространены пылеватые суглинистые почвы на покровных и лессовидных суглинках. На востоке европейской части подзоны дерново-подзолистые почвы часто развиваются на дериватах пермских породах и имеют тяжелый механический состав.

Для дерново-подзолистых почв характерно наличие как гумусового, так и подзолистого горизонтов. Гумусовый горизонт (A_1) буровато-серого цвета имеет разную мощность. Под ним залегает белесый подзолистый горизонт (A_2), сменяемый иллювиально-метаморфическим горизонтом (В) желтовато-бурого или красновато-бурового цвета.

По степени оподзоленности среди дерново-подзолистых пахотных почв выделяются следующие.

Дерново-слабоподзолистые пахотные почвы — мощность $A_{\text{пах}} + A_2$ В до 25 см или мощность A_1 превышает мощность $A_{\text{пах}}$. Оподзоливание выражено лишь пятнами.

Дерново-среднеподзолистые пахотные почвы — мощность $A_{\text{пах}} + A_2$ до 35 см, подзолистый горизонт сплошной или сохранились хорошо выраженные подзолистые языки в горизонте В и заметные следы припашки подзолистого горизонта к пахотному.

Дерново-сильноподзолистые пахотные почвы — мощность $A_{\text{пах}} + A_2$ свыше 35 см сохранился сплошной подзолистый горизонт и следы припашки горизонта A_2 к горизонту $A_{\text{пах}}$ или он имеет белесоватый оттенок.

В пахотном горизонте дерново-подзолистых суглинистых почв содержится 1,5—2,5% гумуса, с глубиной его количество резко падает и в горизонте A_2 составляет 0,2—0,5%. Для дерново-подзолистых почв характерно резкое обеднение илистой фракцией и полуторными окислами подзолистого горизонта при некотором накоплении их в горизонте В. Степень насыщенности основаниями 30—60%.

Эти почвы имеют кислую реакцию, сравнительно низкое содержание подвижных форм элементов питания,

особенно фосфора и азота, неблагоприятный водно-воздушный режим.

Супесчаные и песчаные дерново-подзолистые почвы по сравнению с суглинистыми обладают еще меньшим плодородием.

По степени окультуренности дерново-подзолистые пахотные почвы подразделяются на вновь освоенные (подвергшиеся распахке за последние 5 лет), старопахотные слабоокультуренные (на протяжении многих лет слабо и нерегулярно удобрявшиеся), старопахотные среднеокультуренные и старопахотные сильноокультуренные.

Основными критериями для разделения дерново-подзолистых почв одного вида по степени окультуренности на слабо-, средне- и сильноокультуренные служат прежде всего кислотность (для почв на некарбонатных породах) и содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте. Необходимо также учитывать мощность пахотного горизонта и содержание в нем гумуса. Существенное значение имеют история полей и многолетние данные по урожайности.

Слабоокультуренные дерново-подзолистые почвы характеризуются сильной кислотностью и низким содержанием кислотнорастворимого фосфора в пахотном слое, рН солевой вытяжки составляет 4,0—4,5 (на бескарбонатных или сильновыщелоченных породах), P_2O_5 по Кирсанову содержится меньше 5 мг на 100 г почвы. Мощность $A_{\text{пах}}$ до 20 см, содержание гумуса в нем 1,5—1,8%.

Среднеокультуренные почвы имеют в пахотном горизонте рН солевой вытяжки 4,6—5,0, содержание P_2O_5 по Кирсанову — 5—10 мг на 100 г почвы. Мощность $A_{\text{пах}}$ этих почв 20—22 см с содержанием гумуса 2,0—2,5%.

Сильноокультуренным дерново-подзолистым почвам свойственны слабая кислотность и высокое содержание подвижного фосфора, рН солевой вытяжки — 5,1—6,0, P_2O_5 по Кирсанову — 15—20 мг на 100 г почвы. Мощность пахотного слоя 22—25 см, количество гумуса превышает 2,5%.

Среди дерново-подзолистых почв на пониженных элементах рельефа распространены в той или иной степени заболоченные почвы, дерново-подзолистые глееватые и

глеевые, подзолисто-болотные и торфяно-болотные. Эти почвы формируются в условиях временного или длительного увлажнения. Дерново-подзолистые оглеенные почвы, помимо признаков дерново-подзолистых почв, несут также признаки оглеения: сизоватые тона в окраске, ржаво-охристые и сизые пятна у глееватых и сплошной сизый горизонт у глеевых почв. Подзолисто-болотные почвы являются переходными между подзолистыми и торфяными болотными и характеризуются, кроме того, развитием на их поверхности торфяного горизонта, под которым залегает подзолистый горизонт, переходящий в той или иной степени в оглеенный иллювиальный горизонт.

На карбонатных породах или породах с близким залеганием гидрокарбонатно-кальциевых вод в этой зоне формируются дерново-карбонатные почвы, часто в последнем случае в той или иной степени оглеенные. Особенно много таких почв в Северо-Западном районе.

Дерново-карбонатные почвы имеют темный, содержащий 3—5% и выше гумуса гумусовый горизонт, с хорошо выраженной зернистой структурой, часто с обломками известняковых пород. Вскипают эти почвы от HCl нередко уже в гумусовом горизонте. Глубже залегает переходный горизонт и карбонатная порода, часто с большим количеством известнякового щебня или сплошная известняковая плита. У дерновых оглеенных почв мощный гумусовый горизонт переходит в сизый глеевый с ржавыми пятнами. Дерново-карбонатные, выщелоченные и оподзоленные почвы обычно развиваются на более рыхлых и менее богатых кальцием карбонатных породах (карбонатной морене, карбонатных песках и т. д.). Дерново-карбонатные почвы отличаются высоким содержанием гумуса, нейтральной или слабощелочной реакцией. Они богаты азотом и фосфором.

Болотные почвы широко распространены по всей подзолистой зоне и развиваются на пониженных элементах рельефа. На их поверхности имеется слой торфа, под которым залегает глеевый горизонт.

Болотные почвы в зависимости от степени минерализации питающих их вод и обусловленного ими характера торфообразования делятся на верховые, переходные и низинные. Верховой торф характеризуется пониженной зольностью (2—4%) и высокой кислотностью (рН 2,6—3,2). В переходном торфе зольность составляет 4—6%,

pH — 3,4—4,2. Для низинного торфа характерна повышенная зольность и слабокислая или близкая к нейтральной реакция (pH 4,8—6,0). Обычно от верховых к низинным торфам возрастает и степень их разложения.

Большим разнообразием на этой территории отличаются пойменные почвы. Пойменные слаборазвитые почвы распространены в прирусловой зоне пойм. Пойменные дерновые почвы развиты в центральной части пойм и отличаются высоким содержанием гумуса, зернистой структурой. Пойменные оподзоленные почвы приурочены к повышенным частям пойм. Пойменные болотные почвы распространены в притеррасной части пойм.

ЛЕСОСТЕПНАЯ И СТЕПНАЯ ЗОНЫ

В лесостепной зоне типичны серые лесные почвы. Наряду с ними встречаются дерново-подзолистые почвы, оподзоленные и выщелоченные черноземы. В степной зоне распространены обыкновенные, а на юге и юго-востоке — южные черноземы.

Серые лесные почвы встречаются преимущественно в северной части лесостепи. В зависимости от содержания гумуса, мощности гумусового горизонта и развития признаков оподзоливания серые лесные почвы подразделяются на светло-серые, серые и темно-серые.

Светло-серые лесные почвы выделяются среди серых лесных почв наибольшей оподзолистостью и наименьшей мощностью гумусового горизонта.

Гумусовый горизонт A_1 небольшой мощности (15—25 см), светло-серый, со слабо выраженной комковато-ореховатой или комковато-пластинчатой структурой, на пашнях он обычно бесструктурный, распыленный.

Ниже залегает оподзоленный горизонт A_1A_2 . Он имеет четкие признаки оподзоленности — ясный белесоватый оттенок, пластинчатую или плитчато-ореховатую структуру, с обильной кремнеземистой присыпкой. Постепенно размер структурных отдельностей увеличивается и оподзоленный горизонт сменяется переходным A_2B с более слабой кремнеземистой присыпкой. Этот горизонт характеризуется плитчато-ореховатой или ореховатой структурой и постепенно переходит в горизонт B с заметной кремнеземистой присыпкой и наличием

буровато-коричневых примазок по граням ореховато-призматических структурных отдельностей.

Горизонт В переходит в материнскую породу, в которой на глубине около 2 м наблюдается выделение карбонатов в виде журавчиков, известковых трубочек и прожилок.

Содержание гумуса в светло-серых почвах составляет до 3%, насыщенность основаниями чаще всего 75—80%, гидролитическая кислотность 2—4 мг·экв на 100 г почвы.

Серые лесные почвы. Они имеют мощный гумусовый горизонт (до 30 см), часто залегающий ниже пахотного горизонта. Оподзоленный горизонт интенсивно прокрашен гумусом с заметно выраженной кремнеземистой присыпкой по граням ореховатых структурных отдельностей. Горизонт A_1A_2 постепенно переходит в горизонт В в верхней части с четкой ореховой структурой и обильной кремнеземистой присыпкой и гумусовыми примазками по граням. Постепенно книзу количество примазок, интенсивность присыпки уменьшаются, структура переходит в ореховато-призматическую и призматическую. Почвы обычно вскипают от HCl с глубины около 1,5 м. Содержание гумуса в пахотном горизонте серых лесных почв 3—4%.

Темно-серые лесные почвы отличаются от других подтипов более высоким содержанием гумуса в пахотном слое (5—6%) и большей мощностью гумусового горизонта (40—60 см) обычно темно-серой окраски, комковатой структуры. Горизонт A_1A_2 довольно интенсивно прокрашен гумусом, имеет ореховатую структуру со слабой кремнеземистой присыпкой.

Горизонт В темно-бурой окраски, с очень слабой белесой присыпкой, иногда она отсутствует, орехово-призматической структуры с иловатыми пленками на поверхности. Карбонаты залегают со 120—150 см.

Серые лесные оглеенные (глееватые и глеевые) почвы имеют более мощные гумусовые горизонты по сравнению с неоглеенными почвами и характеризуются наличием признаков оглеения в виде ржавых, сизых и голубоватых пятен в нижних горизонтах.

Карбонатные горизонты и линия вскипания в оглеенных почвах обычно находятся на большой глубине.

Оглеенные почвы (серые и темно-серые) в основном слабокислые или близкие к нейтральным.

Серые лесные почвы окультуренные. По степени окультуренности серые лесные почвы делятся на слабоокультуренные, среднеокультуренные и сильноокультуренные.

Площади различной окультуренности устанавливаются первоначально на основании истории полей. Затем эти данные корректируются результатами агрохимических анализов, главным образом по изменениям в содержании подвижного фосфора и др.

Слабоокультуренные почвы обычно не получают удобрений или удобряются слабо и нерегулярно. Поля с такими почвами обычно значительно удалены от поселков.

Среднеокультуренные почвы систематически удобряются навозом и минеральными удобрениями.

Сильноокультуренные почвы имеются в основном на приусадебных или полевых участках, длительное время удобряющиеся навозом и минеральными удобрениями в повышенных дозах для возделывания культур, особо требовательных к плодородию. Такие почвы характеризуются значительным накоплением подвижных фосфатов в пахотном слое, несколько повышенным содержанием гумуса и насыщенностью основаниями и пониженной кислотностью.

Оподзоленные черноземы встречаются в лесостепи как в комплексе с серыми лесными почвами, так и отдельными массивами. От темно-серых почв они отличаются большей мощностью гумусового горизонта и более равномерным распределением гумуса по профилю. Гумусовый горизонт темно-серого цвета, в нижней части пепельно-серый вследствие того, что по трещинам и на гранях структурных отдельностей заметна кремнеземистая присыпка.

Оподзоленные черноземы ниже гумусового горизонта имеют сравнительно выраженный иллювиальный красновато-бурый горизонт с гумусовыми примазками, припудриванием и кремнеземистой присыпкой на гранях структурных отдельностей.

Карбонаты кальция в оподзоленных черноземах выщелочены из верхних горизонтов на значительную глубину. Линия вскипания залегает у них на глубине 100—

170 см, а иногда и глубже. Вследствие этого у оподзоленных черноземов ниже перегнойного горизонта залегает слой почвообразующей породы, лишенной карбонатов кальция. В карбонатном горизонте карбонаты образуют известковые трубочки и журавчики.

Оподзоленные черноземы имеют мощность перегнойного горизонта 50—70 см, а иногда и больше. Содержание гумуса в верхнем горизонте в зависимости от механического состава колеблется от 4 до 7%, гидролитическая кислотность составляет 5—6 мг·экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями — 80—90%, реакция почвенного раствора близка к нейтральной (рН 5—6).

В лесостепной зоне широко распространены выщелоченные черноземы, очень близкие по своим свойствам к оподзоленным черноземам, но они лишены кремнеземистой присыпки. Эти почвы также характеризуются глубоко залегающей линией вскипания. За гумусовым горизонтом у них залегает разной мощности горизонт, лишенный карбонатов. В отличие от оподзоленных у выщелоченных черноземов отсутствует ясно выраженный иллювиальный горизонт. Переход выщелоченного горизонта в карбонатный ясный, так как граница помимо вскипания от HCl выделяется по скоплению карбонатов в виде плесени и прожилок, придающих более светлую окраску горизонту C_k .

Выщелоченные как и оподзоленные черноземы практически не обладают обменной кислотностью. Гидролитическая кислотность колеблется у них в очень широких пределах (от 1 до 7 мг·экв на 100 г почвы). Сумма поглощенных оснований изменяется от 10 мг·экв у супесчаных до 50 мг·экв (на 100 г почвы) у глинистых разностей этих почв; рН солевой вытяжки колеблется от 5 до 6,5. В соответствии с различной кислотностью часть выщелоченных черноземов обладает насыщенностью основаниями в пахотном слое в пределах 80—90%, а другая насыщена основаниями около 100%.

В северной части лесостепи выщелоченные черноземы залегают часто крупными сплошными массивами, составляя основной фон почвенного покрова.

Типичные (мощные) черноземы, широко распространенные в южной части лесостепной зоны, выделяются значительной мощностью гумусовых горизонтов, часто превышающей 1 м, темной окраской, постепенно слабею-

щей с глубины, и прочной хорошо выраженной структурой. Восточные варианты этих почв (тучные черноземы) выделяются высокой гумусностью при меньшей мощности гумусового горизонта. Они вскипают от HCl непосредственно под гумусовым горизонтом или в его нижней части. Выцветы карбонатов в виде мицелия и прожилок наблюдаются ниже гумусового горизонта. Гумуса в нем содержится 6—10%, азота — около 0,4%, рН солевой вытяжки близка к нейтральной (5,5—7,0), сумма поглощенных оснований 40—50 мг·экв и гидролитическая кислотность 1—4 мг·экв на 100 г почвы.

Обыкновенные черноземы имеют среднюю мощность горизонтов А+В (65—80 см). Эти почвы вскипают от HCl непосредственно под гумусовым горизонтом, карбонаты в виде жилок и пятен встречаются в нижней части переходных горизонтов и в материнской породе. Обыкновенные черноземы содержат в верхних горизонтах около 7—8% гумуса, 0,3—0,4% азота, которые постепенно снижаются с глубиной; сумма поглощенных оснований — 35—45 мг·экв на 100 г почвы. Обыкновенные черноземы широко распространены в северной и центральной частях степной зоны.

Южные черноземы характерны для южной, наиболее засушливой части зоны. Они имеют буровато (каштаново)-серую окраску верхних гумусовых горизонтов при средней мощности горизонта А 40 см, горизонта А+В — 60—65 см. Вскипают эти почвы с глубины 35—40 см. Карбонаты скапливаются обычно в виде белоглазки с глубины 70—80 см. Гумуса в горизонте А южных черноземов около 5%, иногда 6%, азота 0,25—0,3%. Емкость поглощения — 25—35 мг·экв на 100 г почвы. На глубине около 200 см часто появляются скопления гипса.

Карбонатные черноземы, особенно распространенные в Предкавказской и Приазовской провинциях, отличаются большой мощностью гумусовых горизонтов (до 150—180 см), вскипают с поверхности или неглубоко от нее, выцветы карбонатов в виде мицелия, пронизывающего всю толщу почв, встречаются в них с глубины 30—40 см. Средняя мощность горизонтов А этих почв 50—70 см, горизонтов А+В — 130—150 см. Темно-серая окраска верхних горизонтов убывает с глубиной постепенно. Гумуса в горизонте А этих черноземов 5—8%,

азота 0,2—0,4%, емкость поглощения 35—45 мг·экв на 100 г почвы.

В других частях зоны встречаются остаточные карбонатные черноземы, обычно на карбонатных породах, богатые известью, и перерытые карбонатные черноземы.

В Приазовской и Предкавказской провинциях помимо карбонатно-мицелярных черноземов встречаются оподзоленные и выщелоченные, а также слитые черноземы. Слитые черноземы отличаются плотностью и глыбистостью всего профиля.

Черноземы этих провинций имеют мощный и сверхмощный профили, относительно невысокую гумусность и комковато-зернистую структуру.

Черноземные почвы Западно- и Средне-Сибирской провинции отличаются от черноземов европейской территории РСФСР меньшей мощностью гумусовых горизонтов, но более высоким содержанием гумуса. Они часто носят луговой характер, нередко солонцеваты. Для этих почв характерна языковатость гумусового горизонта, обусловленная сильным растрескиванием в холодный период. Еще меньшую мощность имеют черноземы Восточной Сибири (35—45 см) при содержании гумуса 4—9%, которое резко падает с глубиной. Они также отличаются мучнистой формой выделений карбонатов.

Среди черноземов Западной Сибири, которые обычно залегают на слабовыраженных повышениях — гривах, по окраинам грив распространены солонцы, а в понижениях — лугово-солончаковатые почвы. По лесным колкам нередко серые осолоделые почвы и солоды. Обширные площади занимают лугово-черноземные почвы, связанные с капиллярной каймой грунтовых вод.

Лугово-черноземные почвы расположены в понижениях рельефа при близком залегании грунтовых вод и в других частях степной зоны. Они выделяются пониженной глубиной вскипания, часто большей мощностью гумусовых горизонтов и более высоким содержанием гумуса по сравнению с окружающими черноземами, а также признаками заболачивания, а иногда и засоления.

Среди серых лесных почв и черноземов широко развиты процессы эрозии. По степени смытости эти почвы подразделяются следующим образом:

а) слабосмытые почвы — смыто не более половины горизонта A_1 , распахируется укороченный горизонт A_1 .

Пахотный слой не отличается по цвету от несмытых участков пашни и подстиляется нижней частью укороченного горизонта A_1 (или A_2B в серых лесных почвах). На поверхности пашни имеются мелкие промоины;

б) среднесмытые почвы — смыт больше чем наполовину или полностью горизонт A_1 . Распахивается или припахивается верхняя часть уплотненного горизонта B . Пахотный слой отличается буроватым оттенком и подстиляется горизонтом B ;

в) сильносмытые почвы — смыт частично переходный (в черноземах) и иллювиальный (в серых лесных почвах) горизонт B . Распахивается средняя или нижняя часть переходного (иллювиального) горизонта B . Пахотный слой отличается бурым цветом и часто сильно выраженной глыбистостью и способностью образовывать корку, подстиляется иллювиальным горизонтом B_2 или почвообразующей породой C ;

г) очень сильносмытые почвы — смыт полностью иллювиальный горизонт B , распахивается материнская порода — лесс, лессовидный суглинок и прочие породы (горизонт C). Пахотный слой отличается бурым цветом, глыбистый, подстиляется материнской породой (горизонт C), нередко вскипает с поверхности.

СУХОСТЕПНАЯ И ПУСТЫННО-СТЕПНАЯ (ПОЛУПУСТЫННАЯ) ЗОНЫ

В засушливых условиях сухих и пустынных степей РСФСР широко распространены каштановые и бурые почвы, встречающиеся часто в комплексе с солонцами, а также с луговыми (лугово-каштановыми и каштаново-луговыми) почвами по западинам, впадинам и ложбинам. Каштановые почвы делятся на темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые.

Темно-каштановые почвы характеризуются переходными признаками от черноземных к каштановым почвам. Горизонт A этих почв имеет серую окраску и мелкокомковатую структуру. Он постепенно переходит в комковато-призмовидный горизонт B . Мощность горизонта A составляет 25—30 см, горизонтов $A+B$ — 50—60 см. Вскипают они от HCl с глубины 55—60 см, белоглазка залегает с глубины 90—100 см, гипс — глубже 200 см. Среди темно-каштановых почв встречаются карбонат-

ные разновидности, вскипающие в гумусовом горизонте. Темно-каштановые почвы содержат гумуса 4—5%, азота — около 0,2%. Количество гумуса с глубиной постепенно уменьшается. Морфологически горизонт В выделяется слабо. Сумма обменных катионов в темно-каштановых почвах — 30—35 мг·экв, обменного Са — 25—28 мг·экв и Mg — около 5 мг·экв на 100 г почвы. Реакция слабощелочная. С глубиной щелочность постепенно возрастает. Легкорастворимых солей немного, они залегают ниже 2,5 м.

Каштановые почвы распространены в более засушливых условиях, чем темно-каштановые. Почвообразующими породами в районе их распространения служат в основном карбонатные лессовидные суглинки.

Для каштановых почв характерна серовато-каштановая окраска верхних горизонтов. Средняя мощность горизонтов А+В — 45—50 см, мощность горизонта А — около 20 см. Эти почвы вскипают от HCl с глубины около 50 см, горизонт белоглазки залегает с глубины 65—70 см, гипс — ниже 1,5 м. Границы между горизонтами А и В выражены довольно четко. Горизонт В обычно уплотнен, трещиноват, каштанового цвета. Гумусовый горизонт имеет пылевато-комковатую структуру, переходящую в нижней части в комковато-призмовидную. В гумусовом горизонте каштановых почв содержится 3—4% гумуса, количество которого с глубиной постепенно уменьшается, азота в горизонте А — 0,15—0,17%.

Емкость поглощения горизонта А равна 20—25 мг·экв, поглощенного кальция — 18—20 мг·экв, магния 4—5 мг·экв, натрия — 0,05—1,5 мг·экв на 100 г почвы. Активная реакция слабощелочная.

В верхней части почвенного профиля до глубины 1—1,2 м преобладают гидрокарбонаты Са и Mg, хлориды и сульфаты появляются ниже 2 м. Среди каштановых почв широко распространены солонцеватые разновидности.

Светло-каштановые почвы находятся в еще более засушливых условиях пустынной степи (полупустыни).

Почвенный покров пустынно-степной зоны имеет пестрый комплексный характер. Он выражается в многократном чередовании светло-каштановых в различной степени солонцеватых почв, солонцов и перерытых карбонатных почв — сусликовин. Такие почвы сменяют одна

другую через каждые 10—15 м, реже в комплексе с ними встречаются лугово-каштановые почвы, развитые по западинам; и еще реже — лугово-каштановые, каштаново-луговые больших педин и заболоченные осолодевшие, а нередко и солончаковатые почвы лиманов.

Светло-каштановые суглинистые почвы характеризуются светло-серовато-бурым цветом и листовато-порошистой структурой гумусового горизонта небольшой мощности (12—16 см), ниже которого до глубины 35—40 см расположен часто солонцеватый уплотненный горизонт темно-коричневого цвета. Эти почвы вскипают от HCl с глубины 25—40 см. Их карбонатный горизонт, очень плотный с хорошо выраженной белоглазкой, начинается с глубины 50—70 см, скопления гипса — с глубины 150—180 см.

В светло-каштановых почвах Ергеней в горизонте A_1 содержится 2,5—3% гумуса, в Прикаспийской низменности — около 2%.

Светло-каштановые несолонцеватые и слабосолонцеватые почвы до глубины 60—70 см почти лишены легкорастворимых солей. В солевом составе верхних горизонтов преобладают гидрокарбонаты кальция и отчасти сульфаты. В нижних горизонтах с глубины 1 м количество легкорастворимых солей постепенно возрастает, причем с глубины 100—120 см в солевом составе заметную роль играют хлориды и сульфаты натрия.

Реакция верхних горизонтов слабощелочная, емкость поглощения в горизонте A_1 12—15 мг·экв и в горизонте В около 20 мг·экв на 100 г почвы.

В составе обменных катионов верхних горизонтов преобладает Са, нижних горизонтов — Mg. Для этих почв характерно возрастание в горизонте В Mg и Na. Среди светло-каштановых почв много солонцеватых разновидностей, в том числе сильносолонцеватых.

Бурые полупустынные почвы по диагностическим показателям очень близки к светло-каштановым почвам. Поэтому граница между этими почвами в значительной степени условна. На Волго-Уральском междуречье она приблизительно проходит по границе суглинистых и супесчаных равнин и определяется в основном изменением состава почвообразующих пород.

Бурые почвы обычно содержат несколько меньше гумуса, чем светло-каштановые, и они менее солонцеваты.

В горизонте А бурых почв находится 1,0—1,5% гумуса и 0,07—0,15% азота.

Значительно распространены среди почв пустынной степи различного рода солонцы в виде пятен.

Для **солонцов** характерно наличие очень плотного солонцового горизонта с призмовидно-столбчатой структурой. В средних и глубоких солонцах этот горизонт залегает соответственно глубже — 8—10 и 15—18 см, белоглазка — с глубины 40—50 см, гипс — 45—100 см.

Кроме средних и глубоких встречаются корковые солончаковатые солонцы, у которых уплотненный горизонт формируется на глубине 2—3 см, а у мелких — на глубине 5—10 см. Карбонаты, гипс, растворимые соли залегают часто непосредственно под солонцовым горизонтом или на глубине 20—30 см. Количество легкорастворимых солей в этих солонцах достигает максимума на глубине 40—50 см, где происходит скопление хлоридов, отчасти сульфатов, а также гипса.

Лугово-каштановые почвы развиваются в западинах, ложбинах и падинах. Они не солонцеваты и имеют темно окрашенный гумусовый горизонт A_1 мощностью 20—40 см. Мощность горизонтов $A+B$ доходит до 70 см. Горизонт А постепенно переходит в материнскую породу, он содержит гумуса 4—6%, а иногда и 8%. Почвы лишены легкорастворимых солей до глубины 2—3 м. Сумма поглощаемых оснований составляет 30—40 мг·экв, преобладают Ca — 25 мг·экв и Mg — 5—6 мг·экв на 100 г почвы.

Лугово-каштановые почвы сильно варьируют по мощности и окраске гумусовых горизонтов, глубине вскипания от HCl , количеству гумуса и другим свойствам. Они напоминают то светло-каштановые почвы, отличаясь от них более темной окраской, то темно-цветные с мощным гумусовым горизонтом, выщелоченные до глубины 1,5—2 м, каштаново-луговые почвы. Эти почвы, нередко занимающие значительные площади больших пастбищ, наиболее плодородные в зоне.

ВОСТОЧНО-СИБИРСКАЯ ТАЕЖНАЯ ЗОНА

В пределах Якутской АССР и на прилегающих к ней территориях Бурятской АССР, Иркутской, Читинской областей и Красноярского края при широком развитии

вечной мерзлоты и специфике других условий почвообразования формируются почвы, резко отличные по своему генезису, свойствам и агропроизводственной ценности от почв других зон.

Особенности почвообразовательного процесса приводят к формированию здесь таежных палевых мерзлотных почв. Мерзлотно-палевые почвы объединяют большую и разнообразную группу почв. При общности их развития в условиях близкого залегания вечной мерзлоты они характеризуются нейтральной или щелочной реакцией, равномерностью распределения по профилю полуторных окислов, сравнительно высоким залеганием карбонатов. Примечательно для них отсутствие оподзоливания.

В этих условиях формируются мерзлотно-таежные почвы, в которых в отличие от мерзлотно-палевых накапливается железо по профилю и в поверхностных горизонтах. Эти почвы имеют слабовыраженный гумусовый горизонт мощностью 5—10 см с содержанием гумуса 5—6%. Ниже залегает бурый горизонт с охристым оттенком или с ярко-охристой окраской.

Кроме того, на карбонатных породах распространены мерзлотные перегнойно-карбонатные почвы. В условиях вечной или длительной сезонной мерзлоты имеют место также мерзлотно-лугово-черноземные почвы, характеризующиеся довольно мощным гумусовым горизонтом, повышенным содержанием гумуса (9—10%), признаками оглеения в нижней части почвенного профиля, наличием периодически существующего маломощного горизонта верховодки над мерзлым слоем. Максимальная глубина оттаивания этих почв достигает 2,5—3,0 м.

Несмотря на трудные климатические и почвенные условия зоны, земледелие, как молодая отрасль в местном сельском хозяйстве, имеет перспективы для дальнейшего развития, которые особенно возросли в связи со строительством Байкало-Амурской магистрали. Здесь можно возделывать достаточно широкий ассортимент сельскохозяйственных культур при орошении. Эффективны снегозадержание и глубокая вспашка. В таежных районах пашня должна располагаться участками по 15—25 га.

Территория Дальнего Востока характеризуется резким отличием от других районов всего комплекса условий почвообразования и, как следствие этого, своеобразием и спецификой почвенного покрова.

В пределах освоенной и осваиваемой для целей сельского хозяйства территории главное место занимают бурые лесные почвы.

Профиль бурых лесных почв имеет простое строение: гумусовый горизонт 10—15 см, глубже которого залегает иллювиальный горизонт бурого цвета, постепенно переходящий в породу более светлой окраски. У бурых лесных почв оподзоливание обычно отмечается в виде некоторого посветления окраски в нижней части гумусового горизонта. Буроподзолистые почвы имеют четко выраженный подзолистый горизонт мощностью 20—30 см. Глубже залегает иллювиальный горизонт темно-бурого цвета. На окультуренных буроподзолистых почвах пахотный горизонт составляет 12—16 см.

Гумусовый горизонт этих почв имеет среднекислую реакцию, поглощающий комплекс насыщен основаниями. Наиболее высокое содержание гумуса в целинных почвах, на освоенных участках оно снижается до 3—4%.

Кроме того, на плакорах формируются лугово-черноземовидные почвы, отличающиеся высоким плодородием. Они имеют гумусовый горизонт мощностью до 60—70 см, темно-серого или черного цвета. Структура его в верхней части порошисто-комковатая, в нижней — дробовидная или икрянистая. Гумусовый горизонт сменяется переходным неоднородной бурой окраски с признаками оглеения в виде сизых пятен и ржавых примазок.

Для горизонта очень характерна мучнистая кремнеземистая присыпка по граням структурных отдельностей. Ниже его залегает различной толщины оглеенная бескарбонатная глина материнской породы.

Количество гумуса в верхних горизонтах этих почв доходит до 15%, которое с глубиной постепенно уменьшается. Почвы характеризуются слабокислой реакцией при довольно высокой гидролитической кислотности (4—7 мг·экв), насыщенностью основаниями (96—99%) при сумме обменных оснований ($\text{Ca} + \text{Mg}$) — 30—40 мг·экв. Они содержат легкогидролизуемого азота до

20 кг/га, обменного калия — 20—40 мг на 100 г почвы и незначительное количество подвижных фосфатов.

Широко распространены в зоне болотные почвы, залегающие на плоских понижениях и в долинах рек.

СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ

ФОСФОР

Фосфор в почвах содержится в виде минеральных и органических соединений, последние в пахотном слое составляют 20—50% общего его количества. Валовое содержание фосфора в пахотном горизонте дерново-подзолистых почв колеблется в пределах 0,02—0,05% на песчаных и супесчаных разновидностях и 0,08—0,13% на суглинистых и глинистых. Более богаты валовым фосфором черноземы (0,2—0,3%), каштановые и бурые почвы содержат его 0,06—0,20%:

Из минеральных соединений в кислых дерново-подзолистых почвах преобладают фосфаты железа и алюминия, сравнительно трудно доступные растениям, а в нейтральных и щелочных почвах — фосфаты кальция и магния, которые легче усваиваются растениями. В кислых, богатых полуторными окислами почвах фосфор может находиться также в поглощенном состоянии. Растения способны питаться адсорбированными фосфатами.

Подщелачивание реакции почв увеличивает доступность растениям фосфатов железа, алюминия и поглощенной фосфорной кислоты. Применение высоких доз извести на кислых дерново-подзолистых почвах способствует мобилизации подвижных почвенных фосфатов.

Вносимые в почву растворимые фосфаты поглощаются ею на 15—25%.

При использовании фосфорных удобрений и навоза повышается содержание подвижного фосфора, степень его подвижности и доступности растениям. Это происходит за счет фосфатов, поглощенных почвой из удобрений. Остаточные фосфаты удобрений играют большую роль в фосфатном режиме окультуренных почв и обеспечении растений фосфором.

Улучшение фосфатного режима при окультуривании почв может быть обусловлено также изменением подвижности и доступности для растений природных фосфатов.

ПОДВИЖНЫЕ ФОСФАТЫ

В результате агрохимического обследования пахотных земель РСФСР (90,9% от всей пашни) установлено, что 51,9% почв характеризуется очень низким и низким содержанием подвижного фосфора, 32,3% — средним, 14,1% — повышенным и высоким и только 1,7% — очень высоким (табл. 18).

(А. В. Постников, Содержание подвижного фосфора (P_2O_5))

Природно-экономические районы	Обследовано пашни, тыс. га	% от всей пашни	Очень низкое		Низкое	
			тыс. га	%	тыс. га	%
РСФСР	116529,3	90,0	19351,3	16,6	41202,5	35,3
Северо-Западный	3501,7	100,0	506,0	14,5	1187,6	38,6
Центральный	13744,0	97,0	3028,7	22,1	5529,2	40,3
Волго-Вятский	7316,8	98,4	975,2	13,4	3791,3	51,8
Уральский	15548,3	88,9	5767,6	37,3	6273,1	40,3
Центрально-Черноземный	10379,2	98,1	485,9	4,7	3731,3	35,9
Поволжский	20902,1	91,4	2420,9	9,0	8822,7	32,8
Северо-Кавказский	15221,6	99,2	3248,6	21,4	6673,3	43,8
Западно-Сибирский	13814,8	72,9	428,5	3,1	2463,3	17,9
Восточно-Сибирский	7737,3	88,8	1530,7	19,8	1731,8	22,4
Дальневосточный	2368,5	87,4	959,2	40,6	998,9	42,3

В лесной подзолистой зоне преобладают почвы с низким (39%) содержанием подвижного фосфора, определяемого по методу Кирсанова, 24% почв характеризуется очень низким его содержанием. На долю почв с повышенным, высоким и очень высоким количеством подвижного фосфора приходится около 12% обследованной площади пашни. Особенно бедны фосфором почвы Уральского района.

Несколько большим содержанием фосфора выделяются лишь почвы Северо-Западного природно-экономического района, где с очень низким и низким количеством подвижного фосфора их меньше 50%, а с повышенным и высоким — около 22%.

Таблица 18

в пахотных землях РСФСР

(1972)

Среднее		Повышенное		Высокое		Очень высокое	
тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
37695,1	32,3	14130,2	9,6	5213,4	4,5	1936,8	1,7
1061,6	30,3	312,3	8,8	327,1	9,3	107,1	3,5
3506,4	25,5	878,5	6,3	578,1	4,2	223,1	1,6
1825,9	25,0	451,2	6,1	234,7	3,2	38,5	0,5
2754,9	17,7	463,1	2,9	204,1	1,3	85,5	0,5
5063,4	48,7	833,8	8,2	138,5	1,3	126,3	1,2
11626,9	43,2	2760,8	10,3	817,8	3,0	453,0	1,7
4296,0	28,2	686,2	4,5	276,0	1,8	41,5	0,3
5344,4	38,6	3617,2	26,3	1564,8	11,3	396,6	2,8
1959,5	25,3	1055,8	13,6	1005,9	13,1	453,6	5,8
256,1	10,8	71,3	3,0	66,4	2,8	11,6	0,5

По-видимому, это связано с широким распространением в данном районе карбонатных почвообразующих пород и приуроченных к ним дерново-подзолистых, остаточных карбонатных и дерново-карбонатных почв. Эти почвы во многих случаях содержат кислотно-растворимого фосфора, определяемого по Кирсанову, несколько больше, чем дерново-подзолистые на некарбонатных почвообразующих породах.

Исследования показали, что подавляющему большинству почв подзолистой зоны необходимы фосфорные удобрения в повышенных дозах.

Количество кислотнорастворимого фосфора в пахотном слое дерново-подзолистых почв связано прежде всего с их окультуренностью, видом и интенсивностью применения навоза и фосфорных удобрений. Однако минеральные удобрения в подзолистой почве применяются все еще недостаточно, и выделение целых районов с повышенным содержанием подвижного фосфора в почвах связано не столько с их окультуренностью, сколько с природными особенностями, например с повышенным содержанием фосфора в материнских породах, их карбонатностью и т. д.

Среди черноземов Центрально-Черноземного природно-экономического района до 50% составляют пахотные почвы со средним содержанием подвижного фосфора, определяемого по методу Чирикова. Почв с низким содержанием фосфора здесь около 36% и лишь 4,7% — с очень низким содержанием. Таким образом, черноземные почвы в целом несколько больше содержат подвижного фосфора, чем дерново-подзолистые. Однако его все же недостаточно для обеспечения высоких урожаев, так как только около 10% пахотных земель Центрально-Черноземного района, имея повышенное и высокое содержание фосфора, практически мало нуждается в удобрениях. На большей же части черноземных почв необходимо применение фосфорных удобрений.

Значительно богаче подвижным фосфором черноземы Западной Сибири. В Западно-Сибирском природно-экономическом районе около 40% пашни характеризуется повышенным и высоким содержанием подвижного фосфора и 20% — низким и очень низким.

Однако для выявления эффективности фосфорных удобрений как в подзолистой, так и в черноземной зо-

нах данные определения подвижного фосфора в кислотных вытяжках методами Кирсанова или Чирикова в ряде случаев недостаточны. Это имеет место, например, в тех районах, где различия почв по содержанию кислотнорастворимого фосфора обусловлены как природными их особенностями, так и производственной историей.

При определении эффективности фосфорных удобрений в таких случаях необходимо знать не только общее содержание подвижного фосфора, но и степень его подвижности, то есть способность фосфатов твердой фазы почвы отдавать в раствор свои ионы. Степень подвижности почвенных фосфатов определяют солевыми вытяжками 0,03н K_2SO_4 и 0,02н $CaCl_2$.

Для почв, близких по своему генезису, но различающихся по удобренности, существует довольно хорошее соответствие между величинами фосфора, извлекаемого кислотными вытяжками (по Кирсанову, Чирикову) и солевыми (0,03н K_2SO_4 , 0,02н $CaCl_2$). Для почв, где различия в содержании подвижного фосфора связаны с их природными особенностями, такого соответствия нет. В таких почвах при высоком содержании кислотнорастворимого фосфора наблюдается низкая степень его подвижности и значительное действие фосфорных удобрений.

В каштановых и бурых почвах сухой степи и полупустыни содержится мало подвижных фосфатов, извлекаемых углеаммонийной вытяжкой по Мачигину. При этом отмечены существенные изменения в его содержании в зависимости от характера материнских пород и геоморфологических условий. Все каштановые почвы, развитые на Сыртах и Ергенях, отличаются более низким содержанием подвижного фосфора, чем такие же почвы, сформированные на древних террасах речных долин. Темно-каштановые почвы характеризуются более низким содержанием подвижных фосфатов, чем светло-каштановые, развитые на тех же геоморфологических образованиях. Орошаемые земли, на которых систематически применялись удобрения, характеризуются повышенным содержанием фосфора. Солонцовые почвы очень неоднородны по количеству подвижных фосфатов.

Почвы Восточно-Сибирского района довольно богаты подвижным фосфором: свыше 50% пахотных земель характеризуется средним, повышенным и высоким его

содержанием. Наоборот, почвы Дальневосточного природно-экономического района бедны им. Здесь свыше 80% пашни с очень низким и низким содержанием подвижного фосфора.

КАЛИЙ

Калий содержится в почвах главным образом в алюмосиликатах. В пахотном слое дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почв находится 0,6—1,5% валового калия (K_2O), в глинистых 1,5—2,5%. В серых лесных и черноземных почвах количество валового калия достигает 1—3%, в каштановых и бурых почвах — 1—2%.

Содержание подвижного калия

(А. В. Постников,

Природно-экономические районы	Обследовано пашни, тыс. га	% от всей пашни	Очень низкое		Низкое	
			тыс. га	%	тыс. га	%
РСФСР	117379,0	91,5	2467,5	2,1	15817,9	13,5
Северо-Западный	3501,7	100,0	127,5	3,7	1066,7	30,5
Центральный	13752,3	97,1	1290,3	9,2	5274,5	38,4
Волго-Вятский	7316,7	98,4	282,9	3,9	1846,1	25,3
Уральский	15548,3	88,9	132,4	0,8	1796,0	11,5
Центрально-Черноземный	10379,2	98,1	165,2	1,6	1256,0	12,1
Поволжский	26902,6	91,4	196,3	0,7	1939,4	7,2
Северо-Кавказский	15216,8	99,2	63,1	0,4	511,2	3,4
Западно-Сибирский	14536,4	76,7	61,7	0,4	539,5	3,7
Восточно-Сибирский	7739,0	88,8	93,6	1,2	1289,6	16,7
Дальневосточный	2486,0	91,9	54,5	2,1	298,9	12,0

В почвах различают три формы соединений калия — водорастворимый, обменный и необменный, входящий в состав силикатов.

Растения могут усваивать не только водорастворимый и обменный калий, но частично и необменный (на тяжелых почвах в большей степени, чем на легких). Запасы подвижного калия пополняются в результате выветривания минералов. С другой стороны, обменный калий в почве может переходить в необменные формы.

ПОДВИЖНЫЙ КАЛИЙ

Агрохимическое обследование почв РСФСР показало, что они довольно хорошо обеспечены подвижным калием (табл. 19). Около 60% пахотных почв характе-

Таблица 19

(K₂O) в пахотных землях РСФСР

1972)

Среднее		Повышенное		Высокое		Очень высокое	
тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
27472,9	23,4	25622,8	21,8	28169,2	24,0	117828,7	15,2
1072,8	30,6	631,7	18,0	524,2	15,0	78,0	2,2
4077,8	29,8	2082,1	15,2	814,6	5,9	213,0	1,5
2528,4	34,6	1401,3	19,1	994,7	13,5	263,3	3,6
3895,5	25,0	3106,6	20,1	3983,0	25,6	2634,8	17,0
2370,6	23,0	2404,3	23,0	2940,1	28,3	1243,0	12,0
5458,2	20,3	6587,4	24,5	8040,7	29,9	4680,6	17,4
3477,8	22,8	5530,9	36,3	5443,0	35,8	1190,8	1,3
1243,1	8,5	1507,3	10,4	3456,4	23,8	7728,4	53,2
2586,4	33,5	1690,3	21,8	1451,0	18,7	628,1	8,1
762,3	30,6	680,9	27,3	521,5	20,9	167,9	6,7

ризуется повышенным, высоким и очень высоким его содержанием и лишь 15% очень низким и низким. Почвы отдельных природно-экономических районов значительно различаются по содержанию подвижного калия. Однако в целом почвы всех районов более обеспечены калием, чем фосфором. Наиболее бедны обменным калием легкие подзолистые и торфяные почвы.

В лесной подзолистой зоне преобладают пахотные почвы с низким и средним содержанием обменного калия и только 4% с очень низким. Около 40% почв имеет повышенное, высокое и очень высокое его содержание.

Наименее обеспечены обменным калием почвы Центрального района, где почти 40% земель с низким и 10% с очень низким его содержанием.

Наибольшее количество обменного калия находится в пахотных почвах Уральского района, здесь свыше 60% земель имеют повышенное, высокое и очень высокое его содержание. Правда, этот район неполностью входит в зону подзолистых почв.

Закономерности размещения почв с различным содержанием калия еще недостаточно выяснены. По-видимому, здесь большую роль играют провинциальные литологические особенности почвообразующих пород. Определенное значение имеют и различия в механическом составе почв. Влияние окультуренности почв на содержание калия сказывается слабее, чем на содержание фосфора. Иногда более окультуренные почвы с повышенным содержанием фосфора содержат даже меньше калия, чем менее окультуренные.

Для более правильного суждения об обеспеченности почв подвижным калием и его доступности для растений необходимо знать не только его содержание, но и степень подвижности. При одном и том же количестве обменный калий более подвижен в легких почвах, чем в тяжелых.

Источником накопления обменного калия по мере его использования служит необменный калий. Легкие дерново-подзолистые почвы содержат значительно меньше необменного калия по сравнению с тяжелыми. Наибольшим его количеством обладают пойменные почвы.

Черноземные почвы Центрально-Черноземного района лучше обеспечены подвижным калием, чем почвы

подзолистой зоны. Особенно много его в черноземах Западно-Сибирского района (50% земель с очень высоким содержанием). Количество обменного калия здесь увеличивается от лесостепи к сухим степям, достигая наибольшей величины в южных черноземах.

Почти все каштановые почвы, за исключением супесчаных и песчаных разновидностей, содержат значительное количество подвижного калия, особенно богаты им почвы Прикаспийской низменности.

Достаточно обеспечены подвижным калием почвы Восточно-Сибирского и Дальневосточного районов, где имеется свыше 50% пахотных земель с повышенным, высоким и очень высоким его содержанием.

АЗОТ

В пахотном слое разных почв количество азота колеблется в широких пределах. В дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почвах содержится 0,04—0,08% азота, суглинистых и глинистых — 0,1—0,15%. Серые лесные и черноземные почвы наиболее богаты общим азотом (0,3—0,5% и более). В каштановых почвах его количество колеблется от 0,1% (в светло-каштановых и бурых) до 0,2—0,25% (в темно-каштановых).

Азот в почвах находится преимущественно в недоступной растениям органической форме, минерального азота в них всего около 1% от общего. Под влиянием биологических процессов органический азот частично переходит в легкоусвояемые растениями минеральные формы. Распад азотных органических веществ почвы до аммиака (аммонификация) осуществляется аэробными и анаэробными микроорганизмами. Аммиак, накапливающийся в анаэробных условиях, поглощается почвенными коллоидами и может усваиваться растениями. В аэробных условиях аммиак под влиянием специфических микроорганизмов переходит в нитриты и затем окисляется до нитратов (нитрификация).

Интенсивность минерализации органического вещества в разных почвах неодинакова, нитратный азот хорошо доступен растениям.

Некоторое количество минерального азота поступает в почву с осадками. Атмосферный азот усваивается

также рядом микроорганизмов, живущими свободно, и клубеньковыми бактериями бобовых растений. Однако эта величина прихода азота в почву относительно невелика.

В почвах одновременно с минерализацией органических азотсодержащих веществ идет процесс перехода минеральных соединений азота в органические недоступные растениям формы.

Кроме того, содержание минерального азота в почве уменьшается в результате процесса денитрификации, развивающегося в анаэробных условиях, при этом нитратный азот восстанавливается микроорганизмами до свободного газообразного азота, который теряется из почвы. Потери азота происходят также в результате вымывания нитратов, особенно из легких почв, осадками и дренажными водами.

**Кислотность пахотных
(А. В. Постников,**

Природно-экономические районы	Обследовано пашни, тыс. га	% от всей пашни	Сильнокислые		Среднекислые	
			тыс. га	%	тыс. га	%
РСФСР	72533,1	57,0	8441,8	11,7	14078,4	19,4
Северо-Западный	3501,7	100,0	869,4	24,9	1033,4	29,5
Центральный	13763,4	97,2	3501,7	25,4	4695,0	34,1
Волго-Вятский	7316,8	98,4	1587,4	21,6	1913,4	26,2
Уральский	7595,2	43,7	1283,9	16,9	1472,5	19,3
Центрально-Черноземный	4724,0	45,1	115,4	0,3	760,8	16,2
Северо-Кавказский	683,5	4,4	18,9	2,8	42,2	6,1
Поволжский	14338,1	49,0	386,8	2,7	2224,8	15,7
Западно-Сибирский	11711,5	62,0	1188,5	1,6	817,2	7,0
Восточно-Сибирский	6414,7	73,6	119,5	0,3	152,2	2,3
Дальневосточный	2482,2	91,3	570,3	23,0	966,9	39,0

Исследованиями ВИУА и Почвенным институтом имени В. В. Докучаева установлено, что 35—55% азота в зависимости от формы вносимого удобрения усваивается сельскохозяйственными культурами на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, 25—45% закрепляется в почве и 0,1% теряется при вымывании, что не имеет существенного значения в азотном балансе тяжелосуглинистых почв. С помощью ^{15}N установлено горизонтальное перемещение азота в почве и концентрация его в прикорневой зоне.

Неоднократно как в нашей стране, так и за рубежом делались попытки прогнозировать действие азотных удобрений на основе агрохимического анализа почв. Однако соответствия между показателями отдельных методов и фактической прибавки урожаев не наблюдалось.

Т а б л и ц а 20

земель РСФСР
1972)

Слабокислые		Близкие к нейтральным		Нейтральные	
тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
18757,8	25,8	14635,2	20,2	16619,9	22,9
647,2	18,5	476,6	13,6	475,1	13,5
3820,8	27,8	1057,3	7,7	688,6	5,0
2219,7	30,5	1241,4	17,0	354,9	4,7
11835,7	24,2	1331,5	17,6	1671,6	22,0
2451,1	51,9	11044,0	22,0	452,7	9,6
60,7	8,9	53,6	7,8	508,1	74,4
4269,3	29,5	3364,4	23,5	4092,8	28,6
1988,9	17,0	3741,4	32,0	4975,5	42,4
750,9	11,7	2187,9	34,2	3304,2	51,5
7113,5	28,8	1137,1	5,5	96,4	3,7

Трудности в определении подвижного азота связаны с тем, что доступность его для растений определяют не только свойства самой почвы, но погодные условия и агротехника. Обеспеченность растений азотом в значительной степени зависит от сезонной динамики почвенных процессов: аммонификации и нитрификации, что может обусловить на одной и той же почве резкие различия в снабжении сельскохозяйственных культур этим элементом. Поэтому нет возможности дать характеристику почв по содержанию подвижного азота на основе данных массовых анализов, как это сделано в отношении содержания подвижных соединений фосфора и калия.

Сравнение лабораторных методов определения подвижного азота в почвах нечерноземной зоны показало, что заслуживает большого внимания для прогноза действия азотных удобрений метод определения нитрификационной способности почвы и суммы азота нитратов и обменного аммония в ней перед посевом. Перспективен в этом отношении также метод щелочного гидролиза, предложенный Корнфилдом.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПО СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ

В РСФСР проведено обследование почв на кислотность на площади 72,5 млн. га (табл. 20). Кислотность всех земель определяли в лесной и лесостепной зонах, в остальных зонах — в районах распространения кислых почв.

Результаты исследований показали, что 2,5 млн. га составляют сильно- и среднекислые почвы, нуждающиеся в первоочередном известковании. А всего кислых почв в республике, включая слабокислые, около 41 млн. га.

Наиболее кислыми почвами отличаются районы лесной зоны и Дальневосточный природно-экономический район.

В подзолистой зоне средне- и сильнокислые почвы составляют 50% и слабокислые — 30% от общего количества пахотных земель. По степени кислотности почвы зоны отличаются значительной пестротой. Эта неоднородность наблюдается даже в пределах территорий от-

дельных хозяйств. Сильной кислотностью характеризуются слабоокультуренные земли, особенно недавно освоенные; на сильноокультуренных известкованных полях почвы имеют слабую кислотность или близкую к нейтральной.

Сильной и средней кислотностью отличаются дерново-подзолистые почвы на некарбонатных моренных отложениях и особенно легкие почвы на глубоких вышеледоченных песках.

На территориях с неглубоким залеганием карбонатных пород или жестких грунтовых вод распространены слабокислые и близкие к нейтральным почвы, а также в лесостепной и Центрально-Черноземной зонах. Средне- и слабокислые почвы размещены в основном в Дальневосточном природно-экономическом районе. В остальных районах РСФСР преобладают близкие к нейтральным и нейтральные почвы.

ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ОТБОР ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ

В настоящее время агрохимическое картирование почв колхозов и совхозов осуществляется зональными агрохимическими лабораториями, которые составляют картограммы содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах и их кислотности.

Проведение почвенно-агрохимических исследований состоит из нескольких этапов:

- подготовительная работа;

- полевые исследования, отбор смешанных почвенных образцов для анализов;

- анализ образцов на содержание подвижных форм калия и фосфора по принятым для зоны методам, а где необходимо определение рН солевой вытяжки;

- составление и оформление агрохимических картограмм и объяснительной записки к ним.

Важные звенья подготовительного этапа работы — сбор и систематизация имеющихся в хозяйстве материалов почвенно-агрохимического картирования земель за прошлые годы, ознакомление с книгой истории полей, сбор сведений об их известковании, рекогносцировочный объезд полей хозяйства, подготовка картографической основы. Основой для составления агрохимических картограмм служат два документа: почвенная карта и план внутрихозяйственного землеустройства.

После предварительного ознакомления с хозяйством составляют план полевых работ, определяют их последовательность по полям, частоту взятия почвенных смешанных образцов, размер элементарного участка, то есть площади, которая характеризуется одним смешанным образцом и устанавливается в зависимости от особенностей почвенного покрова и истории полей.

На полях полевого севооборота один смешанный образец берут в среднем с 5 га дерново-подзолистых и серых лесных почв и 10—15 га черноземных земель. В колхозах и совхозах, интенсивно известкующих почву и применяющих удобрения, а также на полях прифермского и овощного севооборотов всех хозяйств образцы берут чаще с 2—3 га зерново-подзолистых и с 5 га черноземных почв. На орошаемых землях размер элементарного участка не должен превышать площади поливной карты.

Определив частоту отбора смешанных почвенных образцов в хозяйстве, приступают к подготовке картографической основы для полевых работ по взятию этих образцов. На план внутрихозяйственного землеустройства с нанесенными на нем границами основных почвенных разновидностей и размещением по полям сельскохозяйственных культур в текущем году и, пользуясь соответствующими ориентирами, наносят сетку элементарных участков и номеруют их. При этом надо стремиться к тому, чтобы каждый участок был прямоугольной формы и однороден в почвенном отношении.

Землеустроительный план с нанесенными на нем элементарными участками является основным рабочим документом при последующей полевой работе по взятию смешанных почвенных образцов.

Для проведения полевого агрохимического картирования почв необходимо следующее оборудование: буры для взятия смешанных почвенных образцов, мешочки полотняные для их упаковки, набор деревянных вешек, деревянный 2-метровый циркуль для измерения расстояний, железная лопата для прикопок, сантиметр и почвенный нож, эккер зеркальный и компас.

В соответствии с нанесенной на картографической основе сеткой элементарных участков разбивают поля в натуре, пользуясь эккером и вехами, а также ориентирами на местности.

При отборе образцов скважины располагают по оси или по диагонали участка. Проще и быстрее брать почвенные пробы ходом по оси участка. В этом случае с помощью вех или местных ориентиров провешивают линии таким образом, чтобы они проходили через середину участков. Вехи ставят с двух противоположных концов поля. Маршрутные линии прокладывают парал-

лельно одной из границ поля, лучше поперек пахотных борозд и склонов. Расстояние между ними определяют делением длины стороны на число отбираемых образцов.

Первую маршрутную линию намечают на половине расстояния от границы поля. Границы элементарных участков в натуре не переносят, а прокладывают только маршрутные линии. Используя нанесенную на план сетку, определяют расстояние по маршрутной линии до границ элементарных участков.

Это расстояние делят на число индивидуальных проб, которые необходимо взять для составления смешанного образца. Таким образом устанавливают места для взятия проб. Расстояния между намеченными точками отмеряют 2-метровым циркулем или хорошо вымеренными шагами. При наличии большого количества ориентиров в натуре можно использовать метод глазомерной съемки для определения направления маршрутных линий, ориентируясь на местности с помощью компаса.

Образцы почв на поле берут с глубины пахотного слоя (обычно 0—20—22 см). Их извлекают почвенным буром Осипова или тростьевым буром системы ГДР. Поскольку тростьевой бур забирает небольшую пробу, то, чтобы получить смешанный образец весом 300—400 г, необходимо взять 20 проб. При использовании бура Осипова число проб можно сократить до 10.

При вдавливании бура в почву нажимом ноги на упор одновременно делают небольшой поворот его против часовой стрелки, что предупреждает попадание почвы в паз при заглублении. Затем, отталкивая ручку от себя, резко поворачивают бур по часовой стрелке на 180°, при этом происходит наполнение верхней части бура почвой. Перехватив ручку бура и одновременно ее оттолкнув, продолжают дальнейший поворот, при этом заполняется нижняя часть бура. Почву из паза бура переносят в мешочек или коробку с помощью стамески или специального скребка.

Следует следить за тем, чтобы каждый элементарный участок был приурочен к определенной почвенной разновидности, если это не удастся, смешанные образцы необходимо брать с преобладающей почвенной раз-

новидностью в пределах элементарного участка. Надо также избегать смешивания проб с площадей поля, резко отличающихся по микрорельефу, окраске почвы, развитию растительности.

Доставленные с поля почвенные образцы немедленно просушивают в затененном от солнца и проветриваемом помещении.

ОФОРМЛЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ

Каждый смешанный образец снабжают этикеткой, на которой указывают: название области, района, хозяйства, номер образца, глубину взятия его, номер поля, культуру, дату взятия образца и фамилию взявшего образец.

Отдельный образец с этикеткой помещают в полотняный мешочек, коробку или завертывают в оберточную бумагу. Готовые почвенные образцы упаковывают в ящики и пересылают в лабораторию для анализа вместе с ведомостью следующей формы.

Ведомость

почвенных образцов, взятых в колхозе (совхозе) _____

_____ района _____ области

№ п/п	№ образца	Глубина взятия образца, см	Номер поля	С.-х. культура	Виды и методы анализов	
					pH в 1n KCl вытяжке	определение подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову

При систематическом применении удобрений и известковании уже через 4—5 лет существенно может измениться характеристика почв по степени кислотности, содержанию подвижных форм фосфора и калия. Поэтому почвенно-агрохимические обследования хозяйств проводят периодически (через каждые 5 лет) повторно и составляют картограммы.

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ

Картограммы кислотности почв составляют для хозяйств лесной и лесостепной зон. На них разной окраской выделяют контуры почв с различной степенью кислотности. В тех случаях, когда почвы хозяйства резко различаются по механическому составу, целесообразно выделить две группы почв: легкие (пески, супеси и легкие суглинки) и тяжелые (средние, тяжелые суглинки и глины). Легкие почвы можно показать точками. Исходя из величин рН, указанных в центре элементарных участков, нанесенных на план землепользования, проводят границы площадей, объединяя клетки с одинаковыми данными кислотности в одну группу, указывают номер группы (римскими цифрами) согласно экспликации и закрашивают в соответствующий цвет. Площади на картограмме выделяют в самостоятельный контур при наличии не менее двух-трех обособленных участков с однородными показателями кислотности. Если в пределах такого контура, выделенного путем объединения нескольких соседних элементарных участков с однородными показателями, одна из клеток выпадает, относясь к другой группе, то ее закрашивают в цвет основного контура и числовой показатель обводят кружком.

После того как выделены контуры почв различной кислотности на картограмме, ее сопоставляют с почвенной картой. В тех случаях, когда отдельные контуры соответствуют друг другу, согласовывают границу их на картограмме и почвенной карте. Это делают, например, если дерново-подзолистые почвы граничат с дерновыми почвами пойм или с дерновыми карбонатными почвами и т. п. Однако нередко контуры почв по кислотности на картограмме и контуры почвенной карты не совпадают, так как кислотность зависит от ряда факторов, не учитываемых при выделении контуров на почвенной карте. Поэтому нельзя без сопоставления почвенных карт и картограмм механически приурочивать границы контуров почв по кислотности к границам почвенных разновидностей. На картограммах, выдаваемых хозяйствам, выделяют обычно соответствующей краской только контуры почв различной кислотности. В экспликации картограммы кислотности почв указываются: номер

группы, цвет раскраски, степень кислотности (рН в КСИ вытяжке), площади почв различной кислотности по группам и угодьям (пашня, залежь, луга и пастбища). В экспликации можно показать полные дозы извести, соответствующие $\frac{3}{4}$ гидролитической кислотности.

Группировка почв на картограмме кислотности

Номер группы	Условные обозначения (цвет)	Степень кислотности	рН в КСИ вытяжке
I	красный	очень сильнокислые	4,0 и ниже
II	розовый	сильнокислые	4,1—4,5
III	оранжевый	среднекислые	4,6—5,0
IV	желтый	слабокислые	5,1—5,5
V	зеленый	близкие к нейтральным	5,6—6,0
VI	темно-зеленый	нейтральные	более 6,0

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММ ФОСФОРА И КАЛИЯ

Картограммы фосфора и калия составляют аналогично картограммам кислотности почв. Подвижные формы фосфора и калия устанавливают принятыми в данной зоне методами из одной и той же вытяжки. В подзолистой зоне и серых лесных почвах их определяют в 0,2-нормальной солянокислой вытяжке по Кирсанову.

В черноземной зоне подвижные формы фосфора и калия устанавливают по методу Чирикова (0,5-нормальная уксуснокислая вытяжка).

Стандартным методом для извлечения этих форм в зонах карбонатных черноземов, каштановых и бурых почв является 1-процентная углеаммонийная вытяжка по Мачигину.

При этом подвижный фосфор определяют на фотоэлектроколориметре, а обменный калий — на пламенном фотометре. В таблицах 21 и 22 приведены группировки почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия для каждого из этих методов анализа, по которым составляют картограммы в определенных почвенных зонах.

На картограммах фосфора контуры с очень низким

Группировка почв по содержанию подвижного фосфора
(мг на 100 г почвы)

Группа почв	Содержание подвижного фосфора	По методу Кирсанова		По методу Чирикова	По методу Мачигина
		для почв	для торфов		
I	Очень низкое	0—2,5	0—5	0—2,0	0—1,0
II	Низкое	2,6—5,0	5,1—10	2,1—5,0	1,1—1,5
III	Среднее	5,1—10,0	10,1—20	5,1—10,0	1,6—3,0
IV	Повышенное	10,1—15,0	20,1—40	10,1—15,0	3,0—4,5
V	Высокое	15,1—25,0	40,1—60	15,1—20,0	4,6—6,0
VI	Очень высокое	Более 25	Более 60	Более 20	Более 6

содержанием фосфора закрашивают светло-зеленым цветом, низким — зеленым, средним — голубым, повышенным — ярко-голубым, высоким — синим и очень высоким темно-синим или фиолетовым.

На картограммах калия контуры почв с очень низким содержанием калия имеют светло-желтую окраску, низким — желтую, средним — оранжевую, повышенным — светло-коричневую, высоким — коричневую и очень высоким — темно-коричневую.

Иногда применяют единую систему раскраски для картограмм кислотности, фосфора и калия.

Экспликация картограммы фосфора или калия должна содержать название метода определения, номер группы почв, цвет раскраски, характеристику подвижного фосфора (калия), количество P_2O_5 или соответственно K_2O (мг на 100 г почвы) и площади почв по группам и угодьям (пашня, залежь, луга и пастбища).

В последнее время зональные агрохимические лаборатории составляют, кроме картограмм, а иногда вместо них, паспорта на каждое поле, в которых дана характеристика почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия, степени кислотности и некоторым другим показателям.

При установлении доз удобрений под различные культуры пользуются поправочными коэффициентами (табл. 23).

Группировка почв по содержанию подвижного калия
(мг на 100 г почвы)

Группа почв	Содержание обменного калия	По методу Масловой		По методу Кирсанова		По методу Чирикова	По методу Мачигина
		для почв	для торфов	для почв	для торфов		
I	Очень низкое	0—5,0	0—10	0—4,0	0—8	0—3,0	0—5,0
II	Низкое	5,1—10	10,1—20	4,1—8,0	8,1—16	3,1—5,0	5,1—10,0
III	Среднее	10,1—15	20,1—30	8,1—12,0	16,1—24	5,1—8,0	10,1—15,0
IV	Повышенное	15,1—20	30,1—40	12,1—17,0	24,1—34	8,1—12,0	15,1—20,0
V	Высокое	20,1—30	40,1—70	17,1—25,0	34,1—60	12,1—18,0	20,1—30,0
VI	Очень высокое	Более 30	Более 70	Более 25	Более 60	Более 18	Более 30

Примерные поправочные коэффициенты к средним дозам удобрений, рекомендуемым для дерново-подзолистых и серых лесных почв (в долях от средней дозы)

Содержание в почве питательных веществ	Зерновые культуры	Зернобобовые и травы	Лен	Пропашные культуры	Овощные культуры
Фосфорные удобрения					
Фосфор:	$1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{3}$	Необходимо предварительное окультуривание почв	
очень низкое	1	1	1	$1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{3}$	Необходимо предварительное окультуривание почв
низкое					
среднее	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$
повышенное	Рядковое удобрение	$\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$	1
высокое	Не вносят	Не вносят	$\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$	Рядковое удобрение	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$
Калийные удобрения					
Калий:	$1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$ —2	$1\frac{1}{2}$ —2	$1\frac{1}{2}$ —2
очень низкое	1	1	1	$1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$
низкое					
среднее	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$ —1	$\frac{3}{4}$ —1	1	1— $1\frac{1}{3}$
повышенное	Не вносят	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$	1
высокое	Не вносят	$\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$

Примечание. На песчаных и супесчаных почвах поправки к средним дозам калийных удобрений для зерновых, зернобобовых и трав увеличивают на 20—30%, для пропашных и овощных культур — на 40—50%.

ИЗВЕСТКОВАНИЕ КИСЛЫХ ПОЧВ

По результатам неполного агрохимического обследования кислые почвы (рН 5,5 и менее) в РСФСР занимают 48 млн. га, в том числе пахотные земли — более 42 млн. га.

Для обеспечения высоких и устойчивых урожаев на кислых почвах необходимо помимо других агрономических мероприятий известкование, которое является одним из основных средств интенсификации сельскохозяйственного производства в этих условиях.

Оно оказывает глубокое и многостороннее действие: уменьшает кислотность почвы, которая становится более структурной, рыхлой, прочнее удерживает влагу, снижает растворимость вредного для растений алюминия и повышает жизнедеятельность полезных для них микроорганизмов.

С известью в почву поступает необходимое для растений питательное вещество — кальций, а с такими удобрениями, как доломитовая мука и доломитизированные известняки, — и магний.

Этих веществ в легкодоступной для сельскохозяйственных растений форме в кислых почвах обычно недостает, что препятствует повышению их урожайности, особенно бобовых, овощных культур, корнеплодов и кукурузы.

Известкование — один из наиболее экономически выгодных приемов повышения урожая сельскохозяйственных культур на кислых почвах. В таблице 24 приведены средние прибавки урожая сельскохозяйственных культур от внесения извести в почву с различной кислотностью. За ротацию 6—8-польного севооборота 1 т CaCO_3 обеспечивает прибавку урожая сельскохозяйственных культур около 6—8 ц/га зерновых единиц.

Прибавки урожая от внесения извести в почву с различной кислотностью

Культура	Кислотность почвы, pH	Доза извести (CaCO ₃), т/га			
		2-4	4-6	6-8	>8
Озимая пшеница	4,5 и ниже	3,9	4,6	5,4	6,6
	4,6-5,0	2,7	4,0	4,6	5,0
	5,1-5,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Ячмень	4,5 и ниже	3,6	4,0	4,5	5,1
	4,6-5,0	3,0	3,6	4,1	4,4
	5,1-5,5	1,4	1,8	2,0	2,0
Озимая рожь	4,5 и ниже	2,0	3,0	3,4	3,8
	4,6-5,0	1,7	2,0	2,4	2,8
	5,1-5,5	0,5	1,0	1,2	1,2
Овес	4,5 и ниже	2,0	2,3	2,6	2,9
	4,6-5,0	1,7	2,0	2,2	2,5
	5,1-5,5	0,5	1,0	1,2	1,2
Кукуруза (на силос)	4,5 и ниже	40	60	70	80
	4,6-5,0	20	30	40	40
	5,1-5,5	10	15	20	20
Яровая пшеница	4,5 и ниже	2,0	2,4	2,6	2,8
	4,6-5,0	1,0	1,5	2,0	2,0
	5,1-5,5	0,5	0,8	0,8	1,0
Многолетние травы (сено)	4,5 и ниже	18	25	27	30
	4,6-5,0	12	15	18	20
	5,1-5,5	9	12	13	15
Однолетние травы (сено)	4,5 и ниже	12	14	16	16
	4,6-5,0	6	8	10	10
	5,1-5,5	5	8	8	8
Сахарная свекла	4,5 и ниже	35	60	80	110
	4,6-5,0	30	40	60	90
	5,6 и выше*	40	40	40	50
Корнеплоды	4,5 и ниже	60	90	120	140
	4,6-5,0	20	40	50	60
	5,1-5,5	10	15	15	15
Картофель	4,5 и ниже	10	14	18	20
	4,6-5,0	13	17	17	10
	5,1-5,5	5	5	5	—
Лен-соломка	4,6 и ниже	1,4	2,1	2,6	3,0
	4,6-5,0	1,8	2,0	2,2	2,2
Капуста кочанная	4,6-5,0	40	44,0	41,0	39,0
	5,1-5,5	—	—	—	—
Помидоры	4,5 и ниже	—	—	48,0	18,0
	4,6-5,0	—	22,0	12,0	—
	5,1-5,5	—	—	—	—
Морковь	4,5 и ниже	—	29,0	—	34,0
	4,6-5,0	—	—	—	—
	5,1-5,5	—	—	—	—

* Для черноземных почв

Культура	Кислотность почвы, pH	Доза извести (CaCO_3), т/га			
		2—4	4—6	5—8	8
Сеяные луга и пастбища бобовозлаковые (сено)	4,5 и ниже	10	15	18	20
	4,6—5,0	6	8	12	—
	5,1—5,5	4	—	—	—
Естественные луга (сено)	4,5 и ниже	3	4	4	—
	4,6—5,0	2	2	—	—
Соя (зерно)	4,5 и ниже	—	—	3,0	—
	4,6—5,0	1,7	—	1,5	—

Значение известкования особенно возрастает в связи с применением большого количества физиологически кислых минеральных удобрений, подкисляющих почву, а также с освоением новых земель, как правило требующих окультуривания пахотного слоя.

Для повышения эффективности известкования необходимо выполнить следующие условия:

- 1) определить степень кислотности почвы;
- 2) учесть отношение культур севооборота к известкованию;
- 3) правильно установить дозу извести;
- 4) умело сочетать известкование почв с применением органических и минеральных удобрений;
- 5) равномерно внести известковые удобрения.

Потребность в известковании устанавливается только на основе агрохимических анализов почвы, приводимых на картограммах их кислотности или в паспортах полей.

ОТНОШЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К ИЗВЕСТКОВАНИЮ ПОЧВ

Растения неодинаково относятся к почвенной кислотности и к известкованию. Одни растения очень чувствительны к ней, другие в меньшей степени. По отношению к кислотности почвы полевые культуры делятся на следующие группы:

I группа — свекла (сахарная, кормовая), клевер красный, люцерна, горчица; они наиболее чувствительны к кислотности почвы, требуют нейтральной или слабощелочной реакции (рН 6,2—7,0) и очень хорошо отзываются на известкование;

II группа — кукуруза, пшеница, ячмень, горох, бобы, турнепс, капуста кормовая, клевер шведский, лисохвост, костер, пелюшка, вика; нуждаются в слабокислой и близкой к нейтральной реакции (рН 5,1—6,0), хорошо отзываются на известкование;

III группа — рожь, овес, тимофеевка, гречиха; переносят умеренную кислотность почвы (рН 4,6—5,0), положительно отзываются на высокие дозы извести;

IV группа — подсолнечник, картофель, лен; легко переносят умеренную кислотность и лишь на сильно- и среднекислых почвах требуют известкования;

V группа — люпин и сераделла; малочувствительны к повышенной кислотности почвы.

Действие извести продолжительно и не ограничивается какой-либо одной культурой.

При внесении извести необходимо учитывать отношение к ней всех культур севооборота или по крайней мере ведущих из них.

Реакция среды оказывает чрезвычайно сложное действие на условия питания растений, подвижность азота, фосфора, калия и микроэлементов, активность микрофлоры, физико-механические свойства почвы и др., поэтому оптимальный интервал для роста культуры одного и того же вида на различных почвах неодинаков. На почвах с повышенным содержанием органического вещества и легкого механического состава оптимальный интервал реакции сдвигается в кислую сторону. В таблице 25 показаны ориентировочные уровни реакции среды, благоприятные для роста сельскохозяйственных культур на почвах различного механического состава.

ОЧЕРЕДНОСТЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

По степени нуждаемости почв в известковании и требовательности различных культур к реакции среды устанавливается очередность известкования с учетом состава культур конкретного севооборота (табл. 26).

Ориентировочные оптимальные уровни реакции почв
(рНКСе) для севооборотов различных типов

Механический состав почвы (с содержанием органического вещества до 5%)	Типы севооборотов					Культурные пастбища и сенокосы	
	полевые с высоким удельным весом льна, картофеля и люпина	полевые с многолетними травами и небольшими площадями льна, картофеля и люпина	севообороты с сахарной свеклой и люцерной	кормовые (прифермские)	кормовые и овощекормовые	злаковые	бобовозлаковые
Песчаные и супесчаные	5,0—5,3	5,3—5,5	5,8—6,0	5,5—6,0	5,8—6,0	5,2—5,4	5,4—5,6
Легко- и среднесуглинистые	5,6—5,6	5,5—6,0	6,0—6,2	5,8—6,0	6,0—6,2	5,4—5,6	5,6—5,9
Тяжелосуглинистые и глинистые	5,5—5,8	5,8—6,2	6,2—6,5	6,0—6,2	6,2—6,5	5,6—5,8	6,0—6,2
Торфяные	4,6—4,8	4,8—5,2	5,2—5,8	5,0—5,4	5,2—5,6	4,6—4,8	5,0—5,2

**Очередность известкования почв в севооборотах
при различной их кислотности**

Севообороты	Кислотность почв			
	сильная (рН меньше 4,5)	средняя (рН 4,5—5,0)	слабая (рН 5,1—5,5)	близкая к нейтральной (рН больше 5,5)
Полевые с травами и малой площадью картофеля	1-я	2-я	3-я	Не известкуется
То же, с большим удельным весом картофеля и льном	1-я	2-я	Не известкуется	То же
Кормовые (прифермские)	1-я	1-я	2-я	Проводится поддерживающее известкование
Кормовые и овошкормовые	1-я	1-я	1-я	То же
Культурные пастбища и сенокосы	1-я	1-я	2-я	Не известкуется

В первую очередь необходимо известковать почвы сильно- и среднекислые при возделывании на них культур, более требовательных к условиям реакции, то есть в овощных, кормовых и полевых севооборотах (с многолетними травами, клеверами, люцерной), а также кислые почвы при закладке культурных лугов и пастбищ.

При закладке культурных пастбищ и лугов кислые почвы известкуют до посева травосмесей. Поверхностное известкование, как правило, менее эффективно и проводится только на естественных кормовых угодьях.

Результаты исследований, проведенных в последние годы, показали, что опасность отрицательного влияния полных доз извести на лен, картофель и люпин, считавшихся ранее «кальциефобами», преувеличена.

Систематическое применение органических и минеральных удобрений, повышение плодородия почвы, сочетание известкования с применением магния, бора и повышенных доз калийных удобрений позволяют без

ущерба для урожая и качества продукции льна, люпина и картофеля в севооборотах с этими культурами рекомендовать на песчаных и супесчаных почвах $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ дозы извести, а на суглинистых — $\frac{3}{4}$ — $\frac{1}{1}$ от полной дозы известковых удобрений.

Наличие люпина в севообороте при определении доз извести не принимается во внимание.

В севооборотах со льном известь лучше вносить под покровную для многолетних трав культуру, если травы являются предшественником льна. В других случаях известкование целесообразно приближать к посевам этой культуры.

В специализированных севооборотах, когда картофель занимает 30—40% в структуре посевных площадей, следует уменьшить дозы извести. В этом случае известкование приближают к посадке картофеля, что предотвращает поражение клубней паршой обыкновенной.

Лучшие формы известковых удобрений в севооборотах со льном, картофелем и люпином — магнийсодержащие (доломитовая и магнезиальная известняковая мука) и силикатные (сланцевая зола и металлургические шлаки).

Сроки известкования. Весна — лучший срок внесения извести под яровые культуры, особенно если они являются покровными для многолетних трав.

Летом известкуют поля, освобождающиеся от парозанимающих культур, вновь осваиваемые земли и распаханые поля многолетних трав.

Осенью вносят известь на поля после уборки озимых, яровых и пропашных культур до проведения зяблевой вспашки.

Известковать почвы можно и в зимнее время. При этом надо соблюдать определенные условия.

Для внесения извести выбирают поля с ровным рельефом.

Глубину снежного покрова, при которой можно проводить известкование, определяют исходя из технической характеристики известкующего агрегата. Она не должна препятствовать равномерному распределению извести по поверхности.

Нельзя вносить известковые удобрения по озимым культурам, так как возможно вымерзание их в колеях проходов механизмов.

Вследствие низкого расположения разбрасывающих дисков необходимо машины РУМ-3 и КСА-3 специально переоборудовать для внесения известковых удобрений по снежному покрову глубиной более 20 см и проходам, расчищенным предварительно бульдозером. При этом разбрасывающие диски должны быть не менее чем на 20 см выше верхней отметки снежного покрова или валов на краях расчищенных проходов.

Нельзя вносить известковые удобрения при скорости ветра 5—6 м/сек и более вследствие сноса частиц извести с поверхности снежного покрова. Во время оттепелей переноса известковых удобрений по полю не наблюдается.

Недопустимо разбрасывание известковых удобрений с содержанием влаги более 7—8%, так как они смерзаются и неравномерно распределяются по поверхности.

Для предотвращения потерь известковых удобрений от сноса ветром их заделывают шлейфом или легкой бороной в снежный покров на глубину 3—5 см и более.

При планировании зимнего известкования в пределах области необходимо учитывать данные метеорологических станций о вероятности ветра со скоростью более 5—6 м/сек.

Известкование зимой целесообразно также на полях, где оно затруднено в другие периоды (на переувлажненных почвах, полях, предназначенных под посев ранних яровых, отдаленных, с плохими подъездными путями).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ИЗВЕСТКОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Дозы извести зависят от чувствительности основных культур севооборота к кислотности, механического состава почвы, ее кислотности, содержания гумуса, глубины пахотного горизонта и качества известковых удобрений.

Практика показывает, что половинные дозы извести (эквивалентные или менее 0,5 гидролитической кислотности) дают значительные прибавки урожая сельскохозяйственных культур, но не обеспечивают коренного изменения реакции почвы.

В предстоящем пятилетии (1976—1980 гг.) следует применять в основном полные дозы известковых удобрений.

Дозы извести устанавливают в соответствии с рекомендациями зональных или республиканских научно-исследовательских учреждений и агрохимических лабораторий. Основным методом определения доз извести для дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почв является метод гидролитической кислотности по Каппену. При наличии тесной корреляционной зависимости между величиной гидролитической кислотности и рН почвы с учетом механического состава и содержания органического вещества дозы извести можно определять по зональным таблицам, учитывающим эти показатели (табл. 27—31).

Таблица 27

Дозы извести (т/га) для почв Центрального района
с содержанием гумуса не более 3%

Почвы	рН _{KCl}								
	3,8— 3,9	4,0— 4,1	4,2— 4,3	4,4— 4,5	4,6— 4,7	4,8— 4,9	5,0— 5,1	5,2— 5,3	1 5,4
Песчаные	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	—
Супесчаные	7,0	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	—
Легкосуглинистые	8,0	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5
Среднесуглинистые	9,0	8,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистые	10,5	9,5	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Глинистые	14,5	10,5	9,0	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5

Дозы извести для торфяно-болотных почв устанавливают по следующей таблице (т/га CaCO_3). Торф верховых болот: слаборазложившийся — 8—10, среднераз-

ложившийся — 6—8; торф переходных болот: с мощной наслойкой сфагнового очеса — 5—6, со слабым развитием сфагнома — 3—4; торф низинных болот при рН, равной 4,8—2. Торфяные почвы с рН больше 4,8 в известковании не нуждаются.

Таблица 28

Дозы извести (т/га) для почв нормального увлажнения Северо-Западного района с содержанием гумуса до 5%

Почвы	рН _{KCl}						
	3,8— 3,9	4,0— 4,1	4,2— 4,3	4,4— 4,5	4,6— 4,7	4,8— 4,9	5,0— 5,1
Песчаные	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
Супесчаные	8,0	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Легкосуглини- стые	9,5	8,0	7,0	6,0	5,5	5,0	4,5
Среднесуглини- стые	10,0	9,0	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0
Тяжелосуглини- стые	12,0	11,0	9,0	8,0	7,5	6,5	6,0
Глинистые	16,5	12,5	11,0	9,0	8,0	7,0	6,5

Продолжение

Почвы	рН _{KCl}						
	5,2— 5,3	5,4— 5,5	5,6— 5,7	5,8— 5,9	6,0— 6,1	6,2— 6,3	6,4— 6,5
Песчаные	2,0		известкование				
Супесчаные	2,5		не требуется				
Легкосуглини- стые	4,0	3,5	3,0	2,5	известкование		
Среднесуглини- стые	4,5	3,5	3,0	2,5	не требуется		
Тяжелосуглини- стые	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	изве- стко- вание не тре- бует- ся
Глинистые	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	

Таблица 29

Дозы извести (т/га) для почв Волго-Вятского района
с содержанием гумуса до 3%

Почвы	pH КС1					
	очень и сильно кислые	среднекислые			слабокислые	
		4,6	4,8	5,0	5,2	5,4— 5,5
Песчаные, супесчаные, легкосугли- нистые	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Среднесу- глинистые	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Тяжелосу- глинистые, глинистые	8,0	7,5	6,5	5,5	5,0	4,5

Таблица 30

Дозы извести (т/га) для почв Предуралья

Почвы	Содер- жание гуму- са, %	pH КС1								
		до 4,0	4,1— 4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8
Песча- ные и су- песчаные	1—2	4,5— 5,0	4,0— 4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	—	—
Легкосу- глини- стые	1,5— 3,0	6,0— 7,0	5,0— 6,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	—
Средне- и тяже- лосугли- нистые	2—4	7,0— 8,0	6,0— 7,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,0
Светло- серые	3,5— 5,0	—	—	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Серые	5,0— 6,0	—	—	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	—
Темно- серые	6,0— 6,8	—	—	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	—
Оподзо- ленные черно- земы	8,0— 12,0	—	—	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	—	—

Дозы извести (т/га) для мелиорируемых почв

Почвы	pH _{KCl}						
	3,8— 3,9	4,0— 4,1	4,2— 4,3	4,4— 4,5	4,6— 4,7	4,8— 4,9	5,0— 5,1
Песчаные	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Супесчаные	9,0	7,5	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0
Легкосуглинистые	10,5	9,0	8,0	7,0	6,5	6,0	5,5
Среднесуглинистые	11,5	10,5	9,0	8,0	7,5	7,0	6,5
Тяжелосуглинистые	14,0	13,0	11,0	10,0	9,0	8,0	7,0
Глинистые	18,0	14,0	13,0	11,0	9,5	8,5	8,0

Почвы	pH _{KCl}						
	5,2— 5,3	5,4— 5,5	5,6— 5,7	5,8— 5,9	6,0— 6,1	6,2— 6,3	6,4— 6,5
Песчаные	2,5	2,0	2,0	известкование не требуется			
Супесчаные	3,5	3,0	2,5				
Легкосуглинистые	5,0	4,5	4,0	3,5	известкование не требуется		
Среднесуглинистые	6,0	5,0	4,5	4,0			
Тяжелосуглинистые	6,5	6,0	5,0	4,5	4,0	3,0	известкование не требуется
Глинистые	7,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	

Черноземные почвы в севооборотах с сахарной свеклой известкуют при гидролитической кислотности выше 1,8 мг·экв и степени насыщенности основаниями менее 93%. Дозы извести для этих почв устанавливают по величине гидролитической кислотности.

Приведенные дозы извести пригодны только для внесения при вспашке на глубину 20 см. При другой глубине вспашки дозу известкового удобрения соответственно изменяют.

Применяемые известковые удобрения содержат в своем составе различные примеси и влагу, а также грубые частицы, которые крайне медленно взаимодействуют с почвой и являются балластом. К недействительным относятся следующие фракции: для известняковой муки из пород твердостью более 600 кг/см² и металлургических шлаков — частицы крупнее 1 мм, для известняковой муки из пород твердостью менее 600 кг/см² — частицы крупнее 3 мм и 50% частиц от 1 до 3 мм, для меловой муки — частицы крупнее 5 мм. Остальные формы известковых удобрений должны соответствовать техническим условиям.

Дозу конкретного известкового удобрения рассчитывают по следующей формуле:

$$D = \frac{100^3 \cdot H X_1 \cdot X_2}{(100 - B)(100 - K) \cdot \Pi} ;$$

где D — доза известкового удобрения в физическом весе, т/га;

H — полная доза CaCO_3 , т/га;

B — содержание влаги, %;

K — количество недействительных частиц, %;

Π — нейтрализующая способность, % CaCO_3 ;

X_1 — коэффициент для учета глубины пахотного слоя (20 см = 1,0; 25 см = 1,25, 30 см = 1,5);

X_2 — коэффициент для учета отношения культур севооборота к дозам CaCO_3 (полная — 1,0, половинная — 0,5, полутонная — 1,5 и т. д.).

ПОВТОРНОЕ ИЗВЕСТКОВАНИЕ

Вследствие вымывания кальция и магния из почвы и отчуждения их с урожаями сельскохозяйственных культур известкованные почвы постепенно подкисляются, поэтому необходимо повторное внесение извести.

Дозы извести для повторного известкования определяют теми же методами, что и для первоначального. Примерные показатели кислотности почвы, при которых целесообразно повторное известкование, приведены в таблице 32.

Метод определения повторного известкования почвы по ее фактической кислотности является основным.

Ориентировочные уровни реакции почв (рНКСI) для повторного известкования дерново-подзолистых и серых лесных почв

Механический состав почвы	Типы севооборотов						Культурные пастбища и сенокосы	
	Полевые с высоким удельным весом льна, картофеля, люпина	Полевые с многолетними травами и небольшими пло- щами льна, картофеля и люпина	севообороты с сахарной свеклой и люцерной	кормовые (прифермские)	кормовые и овоще-кормо- вые		злаковые	бобово-злаковые
Песчаные и су- песчаные	4,8	5,0	5,3	5,2	5,2		4,8	5,0
Легко- и средне- суглинистые	5,0	5,2	5,6	5,4	5,4		5,0	5,2
Тяжелосуглини- стые и глинистые	5,2	5,4	5,8	5,5	5,6		5,2	5,4
Торфяные	4,4	4,6	5,2	5,0	5,0		4,3	4,6

Периодичность известкования для поддержания оптимальной реакции почвы может быть также определена по эффективности доз извести в длительных полевых опытах при основном и повторном известкованиях. На основании имеющегося экспериментального материала в научно-исследовательских учреждениях зоны по динамике эффективности доз извести с учетом периода их высокого и устойчивого действия на урожай сельскохозяйственных культур и свойства почвы определяют периодичность повторного известкования. Имеющийся экспериментальный материал показывает, что устойчивое положительное действие малых доз извести (1—2 т/га CaCO_3) продолжается 2—3 года, половинных (2,5—4,0 т/га) — 4—6 лет, полных доз (5—8 т/га) — 7—10 лет.

Периодичность известкования по балансу кальция (в пересчете на CaCO_3) рассчитывают с учетом его потерь из почвы и поступления в нее.

Потери извести из почвы определяют по выщелачиванию ее из почвы в результате лизиметрических иссле-

дований и выноса урожаем сельскохозяйственных культур в пересчете на CaCO_3 .

Ориентировочный вынос кальция и магния с урожаем сельскохозяйственных культур представлен в таблице 33.

Таблица 33

Вынос кальция и магния с урожаем сельскохозяйственных культур (кг на 10 ц продукции) в пересчете на CaCO_3

Культура	CaCO_3	MgCO_3	Сумма** карбонатов
Озимая рожь*	8,8	6,0	14,8
Озимая пшеница *	6,3	6,5	12,8
Яровая пшеница *	5,6	7,8	13,4
Ячмень яровой *	7,7	6,3	14,0
Овес *	9,7	7,2	16,9
Гречиха *	18,0	8,5	26,5
Горох *	31,5	10,0	41,5
Лен-долгунец *	17,1	16,4	33,5
Сахарная свекла (корни)	2,9	1,3	4,2
Картофель (клубни)	0,5	1,5	2,0
Кормовые корнеплоды	0,5	1,0	1,5
Кормовой люпин (зеленая масса)	2,9	1,5	4,4
Клевер красный (сено)	42,2	19,0	61,2
Люцерна	45,5	7,8	53,3
Многолетние травы (сено)	27,0	12,5	39,5
Однолетние травы (сено)	30	10,6	40,6
Капуста	1,3	0,8	2,1
Луговые бобово-злаковые травы (сено)	17,1	10,2	27,3
Луговые злаковые (сено)	7,2	5,0	12,2

* Зерно+солома.

** Из известкованных почв вынос кальция и магния выше на 10—20%.

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Для нейтрализации 1 ц удобрений принимают следующие нормы расхода CaCO_3 (ц): сернокислого аммония — 1,25, хлористого аммония — 1,4, аммиачной селитры — 0,75, мочевины — 1,2, аммиачной воды — 0,5,

безводного аммиака — 2,2. Полевыми опытами установлено, что действие калийных удобрений на кислотность почвы не проявляется.

Приходная статья в балансе кальция состоит в основном из количества известковых удобрений, приходящихся на единицу площади.

Дополнительными источниками, положительно влияющими на изменение кислотности почвы, могут быть также органические удобрения (содержание кальция в пересчете на CaCO_3 составляет 0,32—0,40%) и фосфоритная мука (нейтрализующая способность около 22% CaCO_3). Кроме того, кальций может поступать в почву с атмосферными осадками (около 15—25 кг/га), но его роль во влиянии на кислотность ничтожна и при расчете баланса не учитывается. Содержащийся в суперфосфате кальций также не влияет существенно на реакцию почвы.

ИЗВЕСТКОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ

Система удобрения на кислых почвах высокоэффективна при правильном сочетании с известкованием. Известкование — неперемный фон для наиболее полного использования питательных веществ удобрений. Длительное внесение минеральных удобрений на кислых землях приводит не только к нерациональному их использованию, но и отрицательно влияет и на плодородие почвы.

Поэтому известкование кислых почв по своим темпам должно опережать применение органических и минеральных удобрений.

Известь, внесенная в почву совместно с органическими удобрениями (навоз, торфокомпосты), понижая кислотность, существенно изменяет условия их разложения. Микроорганизмы, активность которых при известковании возрастает, быстрее переводят в доступное для растений состояние содержащиеся в органических удобрениях питательные вещества. Чем кислее почва, тем выше эффективность сочетания известкования с органическими удобрениями.

Карбонатные формы известковых удобрений — известняковую и доломитовую муку, известковый туф, мел

и др. можно вносить вместе с навозом, торфом или компостом, а также смешивать или компостировать с органическими удобрениями. Потеря азота из навоза при этом не происходит.

На произвесткованных почвах повышается эффективность азотных удобрений вследствие более полного использования растениями находящегося в них азота.

Азотные удобрения, содержащие аммиачные формы азота, для улучшения их физических свойств можно смешивать только с карбонатными формами известковых удобрений; не допускается смешивание с едкими формами извести (содержащими CaO или $\text{Ca}(\text{OH})_2$) во избежание потерь азота.

Известкование изменяет соотношение в почве между кальцием и калием в сторону резкого преобладания кальция. Нарушение нормального соотношения между кальцием и калием отрицательно сказывается на развитии и урожае растений, особенно льна, картофеля, люпина, трав и кукурузы. Поэтому дозы калийных удобрений на произвесткованных почвах следует увеличивать.

Известкование, понижая кислотность почвы, уменьшает растворимость фосфоритной муки и, следовательно, ее эффективность. Во избежание этого необходимо применять приемы, исключающие непосредственный контакт этих удобрений в почве:

внесение извести и фосфоритной муки на один и тот же участок в разные сроки под различные культуры: раньше фосфоритную муку, а в последующем известь;

послойное внесение этих удобрений: фосфоритную муку под вспашку, а известь под культивацию;

предварительное компостирование фосфоритной муки с навозом и торфом для перевода фосфора в доступные растениям формы.

Исследования последних лет показали, что на полях, произвесткованных половинными дозами извести, применение фосфоритной муки достаточно эффективно. На почвах, в которых после известкования реакция изменилась до уровня, не превышающего pH 5,1—5,2 в солевой вытяжке, можно также применять фосфоритную муку.

ИЗВЕСТКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Основное известковое удобрение — известняковая мука, получаемая путем размола твердых пород — известняков. Качество этого продукта регламентируется ГОСТ 14050—68 и ТУ—23—31—1—73. Это высокоэффективное известковое удобрение, пригодное для всех сельскохозяйственных культур.

Доломитовую и магнезиальную известняковую муку, содержащие магний, в первую очередь необходимо применять на почвах легкого механического состава. Цементная пыль содержит значительное количество калия, имеет очень тонкий гранулометрический состав и является быстродействующим известковым удобрением. Ее применение особенно эффективно на бедных подвижными соединениями калия почвах и под чувствительные к недостатку этого элемента культуры.

Ассортимент известковых удобрений может быть значительно расширен за счет использования рыхлых залежей местных известковых удобрений: туфа, гажы, мела и др. Их использование целесообразно в близлежащих к месторождениям хозяйствах.

В ближайшие годы в колхозы и совхозы многих областей будет поставляться сланцевая зола, получаемая в отходах при сжигании горючих сланцев. Это высокоэффективное чрезвычайно тонкого гранулометрического состава известковое удобрение. Его применение предпочтительно в севооборотах со льном и картофелем.

Высокоэффективны и известьсодержащие отходы металлургической промышленности, если они тонко размолоты и не содержат избыточных количеств токсических веществ (фтора, хрома и др.). Иногда применяют известковые удобрения, не соответствующие требованиям стандарта и технических условий, равномерность внесения бывает ниже агротехнических требований. Все это приводит не только к понижению эффективности известкования почв, но в некоторых случаях (при переизвестковании или неравномерном внесении извести) к отрицательным последствиям.

Известь — длительно действующее удобрение, и всякие погрешности, допущенные при ее применении, могут оказать отрицательное влияние на урожай сельскохозяйственных культур и плодородие почвы в течение мно-

гих лет. Следует всегда иметь в виду, что в горизонтальном направлении в пахотном горизонте известковые удобрения при существующих орудиях обработки почвы практически не перемещаются. Поэтому неравномерное внесение извести непоправимо.

При определении качества известкования следует пользоваться «Рекомендациями по определению качества внесения извести в колхозах и совхозах» (М., «Колос», 1972).

ГИПСОВАНИЕ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

Солонцы и солонцовые почвы расположены на значительной части территории РСФСР в районах Поволжья, Западной Сибири и Северного Кавказа.

В естественных условиях продуктивность растений на солонцовых почвах низка, а содово-засоленные солонцы совершенно бесплодны. Контурность пашни, образующаяся при наличии пятен солонцов, затрудняет хозяйственное использование отдельных участков полей, отличающихся по увлажнению, плодородию, плотности сложения и времени созревания сельскохозяйственных культур.

Солонцовые почвы характеризуются разнообразными физико-химическими свойствами, морфологическими признаками и условиями их залегания. Поэтому методы мелиорации и освоения солонцов требуют учета их зональных особенностей.

В зависимости от содержания натрия почвы подразделяются на следующие группы: несолонцеватые (при содержании натрия не более 3—5% емкости поглощения), слабосолонцеватые (5—10%), солонцеватые (10—20%). Реакция солонцовых почв сильнощелочная — вредная для сельскохозяйственных растений.

Основной прием коренного улучшения солонцов — гипсование, то есть внесение в почву гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Взаимодействие гипса с почвеннопоглощающим комплексом происходит по следующей схеме:



При взаимодействии гипса с содой, содержащейся в солонцах, образуется соль — сернистый натрий. Она

растворяется в воде и имеет нейтральную реакцию, легко вымывается из почвы атмосферными осадками или водой.

По характеру засоления солонцы подразделяются на две группы: содовые и содово-сульфатные (щелочные) лугового и лугово-степного типов, встречающиеся в основном в черноземной зоне, и хлоридно-сульфатные (нейтральные), распространенные в зоне каштановых и бурых почв.

В почвах содовых и сульфатно-содовых солонцов кроме обменного натрия содержатся карбонаты и бикарбонаты натрия, растворимые в воде и обуславливающие высокую щелочность почвы. Гипсование является основным способом их химической мелиорации.

В хлоридно-сульфатных и сульфатно-хлоридных солонцах соды нет, а содержание поглощенного натрия невелико. Окультуривание этих солонцов можно проводить за счет карбонатов кальция, содержащихся в почве (самомелиорация). Карбонатный горизонт, залегающий на глубине 35—40 см и содержащий углекислый кальций, а иногда и гипс, перемещают в пахотный горизонт вспашкой на глубину 45—50 см.

Дозу гипса рассчитывают по следующей формуле:

$$D = 0,086 (Na - 0,1T) \cdot H \cdot d,$$

где D — доза гипса, т/га;

Na — содержание обменного натрия, м·экв на 100 г почвы;

T — емкость поглощения, м·экв на 100 г почвы;

H — глубина мелиорируемого слоя, см;

d — объемный вес мелиорируемого слоя, г/см³.

Дозу гипса определяют на замещение только активного натрия. При первичной обработке почвы с гипсованием за предел неактивного натрия принимают 10% от емкости поглощения почвы; в степных солонцах хлоридно-сульфатного типа засоления — 5%.

Для этих почв дозу гипса рассчитывают по формуле:

$$D = 0,086 (Na - 0,05T) \times H \cdot d.$$

Глубокие солонцы, обладающие большой мощностью надсолонцового горизонта, используют без мелиорации.

Химический способ мелиорации на каштановых почвах в богарных условиях применяют лишь при допол-

нительном увлажнении (снегозадержание), так как внесение такого мелиоранта, как гипс, из-за его плохой растворимости неэффективно.

Солонцы черноземной зоны при их содержании в комплексе до 10% можно мелиорировать землеванием, то есть наволакиванием гумусового горизонта с соседних участков.

Гипсование солонцов и мелиоративную вспашку необходимо сочетать с внесением органических и зеленых удобрений, посевом трав, снегозадержанием на богарных землях и дополнительными поливами при орошаемом земледелии.

Способы внесения гипса зависят от глубины залегания солонцового горизонта. На солонцеватых черноземах всю дозу гипса заделывают при вспашке. На мелких столбчатых или корковых солонцах половину дозы гипса используют при вспашке, а другую половину — при культивации; на глубокостолбчатых солонцах 75% дозы гипса вносят под вспашку, а остальное количество — под культивацию.

Кроме гипса, для химической мелиорации солонцов применяют образующийся при сернокислотном разложении природных фосфатов отход — фосфогипс, содержащий до 75% CaSO_4 и около 1% P_2O_5 .

УДОБРЕНИЯ

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Минеральные удобрения содержат необходимые для растений питательные вещества главным образом в неорганической форме. К минеральным удобрениям относятся и некоторые органические соединения, например мочеви́на, цианамид кальция, оксамид, мочевино-формальдегидные удобрения и др.

Минеральные удобрения разделяются на простые (одинарные или односторонние) и комплексные (сложные, сложно-смешанные и смешанные).

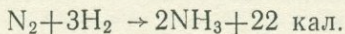
Простые удобрения содержат только один элемент питания. Однако это определение несколько условно, так как в одинарных удобрениях, кроме одного из основных элементов питания, могут содержаться в качестве примесей сера, магний, кальций, микроэлементы. Простые удобрения в зависимости от содержания элементов питания подразделяются на азотные, фосфорные, калийные, магниевые и др.

АЗОТНЫЕ

Основное сырье для производства азотных удобрений — аммиак (NH_3) и азотная кислота (HNO_3).

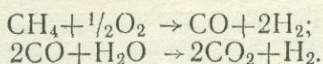
Водород, необходимый для производства аммиака, получают из природного газа, нефти, коксового газа, при электролизе воды. На долю водорода приходится около 50% всех затрат на производство аммиака.

Метод технического связывания атмосферного азота состоит в соединении его с водородом по уравнению:



В результате реакции образуется аммиак и выделяется тепло.

Наиболее дешевым сырьем для получения водорода являются природные горючие газы, представленные в основном метаном:



Синтез аммиака осуществляется при давлении в несколько сот атмосфер и температуре 400—500°C в присутствии катализатора.

Азотную кислоту получают в контактных аппаратах путем сжигания смешанных в определенном соотношении аммиака и воздуха в присутствии катализатора.

В большинстве почвенно-климатических зон страны внесение азотных удобрений значительно повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Умеренные дозы азотных минеральных удобрений увеличивают урожай корней сахарной свеклы в среднем на 40—50 ц, зеленой массы кукурузы с початками — на 80—100 ц, хлопка-сырца — на 8—10 ц, клубней картофеля — на 30—40 ц, зерна — на 4—5 ц/га. Производство и поставка сельскому хозяйству азотных удобрений с каждым годом расширяются.

Азотные удобрения в зависимости от характера соединения азота подразделяются на следующие группы.

Аммиачные — весь азот (NH_3 — безводный аммиак) или почти весь (водный аммиак — $2\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$) содержится в виде свободного аммиака. Это жидкие азотные удобрения.

Аммонийные — азот представлен ионом аммония, связанным с кислотным остатком, например сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Нитратные — азот находится в окисленной форме в виде солей азотной кислоты, например натриевая селитра (NaNO_3) , кальциевая селитра $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$.

Аммонийно-нитратные — содержат азот одновременно в аммонийной и нитратной форме, например аммиачная селитра (NH_4NO_3) .

Амидные — азот находится в амидной форме, например мочевина $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$.

Кроме того, отдельные азотные удобрения могут быть представлены и такими смешанными формами, как

аммонийно-аммиачно-нитратными, аммонийно-аммиачно-амидно-нитратными, аммонийно-амидно-нитратными. Эти формы входят в состав различных видов аммиаков и азотных растворов.

Основными формами азотных удобрений в СССР являются аммонийно-нитратная (аммиачная селитра) и амидная (мочевина). В сравнительно больших количествах используют сульфат аммония, водный аммиак, азот в сложных удобрениях. Другие формы азотных удобрений применяют в весьма ограниченных количествах. Ниже приведена характеристика отдельных форм азотных удобрений по группам.

Аммиачные

Аммиачные удобрения представлены жидкими формами — водным и безводным аммиаком.

Водный аммиак, или аммиачная вода. Раствор аммиака в воде содержит 20—25% аммиака. Для удобрений применяют водный аммиак двух сортов: с содержанием 25% аммиака, что составляет 20,5% азота, и 20% аммиака (16% азота). При температуре 15°C удельный вес водного раствора аммиака первого сорта составляет 0,910, второго сорта — 0,927.

Давление (упругость) паров над водным раствором аммиака невелико. Для 25%-ного раствора при температуре 40° давление составляет 0,15 атм. По содержанию азота в единице объема водный аммиак уступает аммиакатам и безводному аммиаку. В связи с этим планируется переход на концентрированные жидкие азотные удобрения и в первую очередь на безводный аммиак.

Водный аммиак (25%-ный раствор) замерзает только при очень низкой температуре (—56°), 20%-ный — при —33°C.

Необходимо учитывать, что в процессе хранения, перевозки и внесения концентрированных аммиачных удобрений возникает опасность потерь аммиака.

Безводный (сжиженный) аммиак (NH_3) содержит 82% азота. Сжиженный аммиак представляет собой бесцветную жидкость с температурой кипения минус 33,4°C и температурой замерзания минус 77°C. Удельный вес около 0,61. Безводный аммиак обладает высо-

кой упругостью паров, которая возрастает с увеличением температуры (при 15°C давление паров над аммиаком равно 7,4 атм.; при 20°C — 8,74 атм.; при 40°C — 15,3 атм.).

В почву аммиак вносят под все сельскохозяйственные культуры. Наличие свободного аммиака требует обязательной заделки его на глубину 10—18 см, а безводного — на 16—22 см. На почвах легкого механического состава глубина заделки должна быть больше, чем на почвах тяжелого механического состава. Поверхностное внесение аммиака не допускается из-за большой потери азота при улетучивании. Кроме того, применение аммиака по всходам растений может вызвать их ожоги.

Азот аммиака лучше удерживается почвой, чем аммиачный азот твердых удобрений, и доступнее растениям.

К жидким азотным удобрениям относятся также аммиакаты. По форме содержания азота его аммиачно-аммонийно-нитратные, аммиачно-аммонийно-нитратно-амидные или аммиачно-аммонийно-амидные удобрения.

Аммиакаты представляют собой жидкость светло-желтого или желтого цвета; содержат от 30 до 50% азота в зависимости от количества азота и составных компонентов. Недостатком аммиакатов является их способность вызывать коррозию черных металлов.

Содержащийся в аммиакатах азот представлен азотом свободного аммиака и в большей степени аммиачной и кальциевой селитрой, мочевиной. В зависимости от состава аммиакатов упругость паров аммиака в них составляет 0,7—1,5 атм.

Температура выделения твердой среды (высаливания) аммиакатов повышается с уменьшением содержания в них аммиака и увеличением содержания воды. Мочевина и кальциевая селитра более устойчивы к высаливанию (табл. 34).

К аммиакатам относятся и **углеаммиакаты**. Это водные растворы карбоната $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$, бикарбоната $(\text{NH}_4\text{HCO}_3)$, аммония и мочевины. Они содержат 18—35% общего азота, около 12% углекислого газа (CO_2) и 4—7% свободного аммиака. Они обладают невысокой упругостью паров, кристаллизуются при низких температурах, поэтому их применяют в теплое время года.

Характеристика аммиакатов

Аммикат	Содержание азота, %	Состав, %					Температура выделения твердой фазы, °C
		$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}$	NH_4NO_3	H_2O	NH_3	
Кальциевой и аммиачной селитры	30,5—31,6	25—28	—	27—30	22—30	18—20	—35
Аммиачной селитры	34—37,5	—	—	64—67	16—22	14—17	+9
Аммиачной селитры	37,5—41,0	—	—	53—56	18—24	23—26	—25
Мочевины	39,4	—	15,2	45,1	19,6	20,1	—32,1
Мочевины и аммиачной селитры	39,7	—	15,1	40,1	22,2	22,6	—36,2
Мочевины и аммиачной селитры	40,0	—	20,0	40,3	19,6	20,1	—29,6
Мочевины и аммиачной селитры	38,7	—	10,0	50,0	19,9	20,1	—28,3

Хозяйства, которые используют жидкие азотные удобрения, должны быть обеспечены необходимыми техническими средствами для их хранения, транспортировки и внесения. Чтобы исключить потери азота при улетучивании аммиака, жидкие азотные удобрения следует заделывать в почву в зависимости от дозы азота и типа почв: безводный аммиак на глубину 14—20 см, водный аммиак и аммиакаты — на 10—16 см. В условиях крупнокомковатой почвы глубину заделки удобрений увеличивают.

Жидкие азотные удобрения вносят при расстановке подкормочных сошников под полевые культуры сплошного сева на расстоянии 25 см, а на лугах и пастбищах — 30—35 см.

К жидким азотным удобрениям относятся также растворы твердых азотных удобрений, не содержащие

аммиака, например концентрированный раствор мочевины и аммиачной селитры под названием «плав».

Их применение не требует герметического оборудования.

Плав — $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_2)\text{CO} \downarrow \text{H}_2\text{O}$ — бесцветная или слегка окрашенная жидкость с удельным весом 1,21—1,33. Содержит 30—34% азота. Плав, ингибированный аммиаком (в состав раствора вводят 0,5—1,5%), можно хранить и перевозить в емкостях из углеродистой стали, а также использовать оборудование, предназначенное для водного аммиака. Срок хранения плава не более 6—7 месяцев. Его можно использовать в виде основного удобрения и в подкормку сельскохозяйственных культур.

Аммонийные

К этой группе удобрений относятся сульфат аммония, углекислый аммоний и двууглекислый аммоний.

Сульфат аммония (сернокислый аммоний) — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — содержит 20,5—21,0% азота. Для получения сульфата аммония аммиак улавливают из коксовых газов, затем аммиачную воду подщелачивают известковым молоком, отгоняют аммиак и поглощают его серной кислотой. Раствор упаривают, и выделяется сульфат аммония в виде кристаллов.

Для получения сульфата аммония на основе синтетического аммиака крепкий раствор серной кислоты насыщают газообразным аммиаком. Большое количество этого удобрения получают в качестве побочного продукта при производстве капролактама.

Сульфат аммония — кристаллическое вещество белого или серого цвета, может содержать примеси свободной серной кислоты (не более 0,2%), следы роданистого аммония и некоторое количество органических веществ (не более 0,5%). Сульфат аммония слабо гигроскопичен, хорошо растворим в воде. При температуре 20°C в 100 см³ воды растворяется 75,4 г удобрения. Объемный вес кристаллического сульфата аммония 0,8.

В настоящее время производят крупнокристаллический сульфат аммония в виде так называемого рисового зерна. Получают его путем добавления к раствору

сульфата аммония небольшого количества сульфата железа, магния или алюминия. Такое удобрение мало слеживается при хранении и лучше рассеивается туковыми сеялками, чем мелкокристаллическая соль.

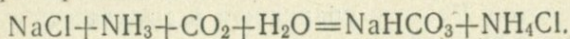
Гранулированный сульфат аммония можно получить методом прессования и последующего дробления. Сульфат аммония упаковывают в бумажные мешки или отгружают навалом в крытых вагонах.

Сульфат аммония — одна из лучших форм азотных удобрений под рис, хлопчатник, чай и субтропические культуры, возделываемые в условиях избыточного увлажнения, так как слабо вымывается из почвы.

Сульфат аммония — физиологически кислое удобрение. При использовании его в качестве основного удобрения на почвах, насыщенных основаниями (черноземы, сероземы, каштановые), и на известкованных (дерново-подзолистые) действие может быть более эффективным, чем нитратных форм азота.

На кислых почвах сульфат аммония применяют только после их известкования.

Хлористый аммоний (NH_4Cl) содержит 24—25% азота. Это мелкокристаллический белый или желтоватый порошок. В 100 см³ воды при температуре 20°C растворяется 37,4 г удобрения. Он является побочным продуктом при производстве соды аммиачным способом:



С хлористым аммонием в почву вносят большое количество хлора, что отрицательно сказывается на урожае и качестве культур, чувствительных к избытку данного элемента (картофель, овощные, табак, виноград, цитрусовые, плодово-ягодные растения, лен).

На легких и кислых почвах отрицательное влияние хлора проявляется резче, чем на более тяжелых и почвах с нейтральной или щелочной реакцией.

Сульфат аммония — натрия [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$] содержит 16—17% азота и 8% натрия. Это кристаллическая соль желтоватого цвета. Сульфат аммония — натрия получают при производстве капролактама. Его используют и как сульфат аммония. Из-за содержания натрия это удобрение целесообразно применять под сахарную свеклу на черноземах, серых лесных и дерново-подзолистых известкованных почвах.

Нитратные

Нитратные удобрения — натриевая, кальциевая и калиевая селитра, последнее удобрение относится и к сложным, так как в его состав кроме азота входит калий.

Натриевая селитра (нитрат натрия, азотнокислый натрий) NaNO_3 содержит 16,0—16,5% азота. Встречается в природе в виде залежей.

Синтетическую натриевую селитру получают путем адсорбции раствором соды или едкого натра окислов азота нитрозных газов, получаемых при производстве азотной кислоты.

Полученный раствор нитрата натрия упаривают. Кристаллы выделяют центрифугированием. Они имеют сероватый или желтоватый оттенок.

Натриевая селитра может содержать небольшие примеси нитрита натрия (0,02—0,25%) и соды (0,1—0,15%).

Азотнокислый натрий хорошо растворяется в воде и не гигроскопичен. Объемный вес 1,2. В сухом состоянии хорошо рассеивается. Хранят натриевую селитру в сухих складах с деревянным полом в заводской таре вдали от легковоспламеняющихся материалов (ГОСТ 828—54).

Натриевая селитра — физиологически щелочное удобрение. Применяют в основном на кислых неизвесткованных дерново-подзолистых почвах нечерноземной зоны. Оно особенно эффективно для сахарной свеклы, которая положительно отзывается на натрий, содержащийся в этом удобрении. Натриевую селитру используют в качестве рядкового удобрения и для подкормки сельскохозяйственных культур.

Кальциевая селитра (нитрат кальция, азотнокислый кальций, норвежская селитра) — $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ содержит 15,5% азота. Получают ее нейтрализацией азотной кислоты известняком (CaCO_3) или непосредственным взаимодействием окислов азота с известковым молоком или негашеной известью, а также в качестве побочного продукта при производстве нитрофосок методом азотнокислой переработки фосфатов.

Нитрат кальция обладает высокой гигроскопичностью, что является его существенным недостатком, осложняющим хранение, перевозку и применение.

Нитрат кальция хорошо растворяется в воде (127,3 г в 100 см³ воды при температуре 20°C). Для большинства растений, кроме свеклы, кальциевая селитра равноценна натриевой. Вследствие физиологической щелочности кальциевую селитру целесообразно использовать на кислых дерново-подзолистых почвах, особенно для подкормки озимых культур.

Хранят удобрение в сухом помещении в бумажных мешках, пропитанных битумом (СТУ 71-X-20-62).

Аммонийно-нитратные

Аммонийно-нитратные удобрения содержат азот в аммонийной и нитратной формах. К ним относятся аммиачная и известково-аммиачная селитры.

Известково-аммиачная селитра ($\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) — это сплав аммиачной селитры и извести, содержит 20—26% азота.

Аммиачная селитра (азотнокислый аммоний, нитрат аммония) NH_4NO_3 содержит 34—35% азота. Получают ее путем нейтрализации 45—58%-ной азотной кислоты газообразным аммиаком с последующим упариванием раствора до состояния плава (94,5—98,5% NH_4NO_3). Далее, в зависимости от получаемой марки удобрения, соль из плава кристаллизуют или гранулируют.

Химическая промышленность выпускает аммиачную селитру разных марок. Марки А и Б предназначены для использования в сельском хозяйстве. Марка А содержит 34,8, а марка Б — 34,2% азота. Для сельского хозяйства аммиачную селитру выпускают в виде белых гранул диаметром от 1 до 3 мм или в виде плоских чешуек и пластинок.

Удобрение хорошо растворяется в воде (187,7 г в 100 см³ воды при температуре 20°C), с повышением температуры растворимость возрастает. Объемный вес гранулированной аммиачной селитры 0,85.

Аммиачная селитра обладает повышенной гигроскопичностью. Гигроскопическая точка ее при температуре 20°C равна 66,9% относительной влажности воздуха. При большей влажности удобрение начинает увлажняться, а при меньшей — подсыхать. Негранулированная селитра без специальных добавок при хранении сильно слеживается.

Чтобы уменьшить слеживаемость и улучшить рассеиваемость, аммиачную селитру гранулируют, а также вводят в ее состав в небольших количествах продукты азотнокислого разложения фосфатов (не менее 0,5% веса NH_4NO_3), мела или доломита (не менее 0,3% CaO или суммы CaO и MgO). В качестве кондиционирующей добавки можно применять диспергатор НФ.

Содержание влаги в аммиачной селитре должно быть не более 0,2—0,3%.

Гранулы перед затариванием нужно охлаждать до температуры ниже 30°C , что уменьшает слеживаемость удобрения при перевозке и хранении.

Рекомендуется отсеивать пылеватые частицы и мелкие гранулы (менее 0,1 мм) и припудривать последние кизельгуром, тальком или мелом.

Аммиачная селитра — физиологически кислое удобрение, поэтому на кислых почвах ее применяют после известкования.

Аммиачную селитру используют для основного (допосевного) и местного внесения подкормок под все культуры. Однако под рис ее не вносят.

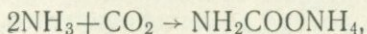
Аммиачную селитру упаковывают в пятислойные бумажные мешки, пропитанные битумом, емкостью 42—50 кг (ГОСТ 2—57).

При хранении аммиачную селитру нельзя смешивать с торфом, опилками, соломой и другими органическими веществами, так как возможно самовозгорание и взрыв от детонации.

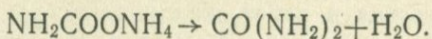
Амидные

К этой группе азотных удобрений относятся мочеви́на, цианамид кальция и некоторые продукты полимеризации мочевины и отдельных альдегидов, оксамид и др.

Мочевина (карбамид) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ содержит 46% азота — это самое концентрированное твердое азотное удобрение. Получают его из аммиака и уголекислоты при высоком давлении и температуре $180\text{—}200^\circ\text{C}$. Синтез мочевины протекает в две стадии. Сначала образуется карбамат аммония:



а затем последний отщепляет воду и превращается в мочевины:

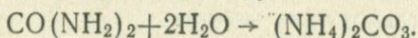


Готовый продукт выпускается двух видов: кристаллический (марки А и Б) и гранулированный для сельского хозяйства. Гранулы мочевины имеют вид белых окатанных шариков размером 1, 2, 5 мм.

Объемный вес гранулированной мочевины 0,65.

Мочевина хорошо растворяется в воде (51,8 г в 100 см³ воды при температуре 20° С).

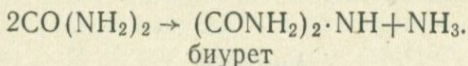
В почве под влиянием фермента уреазы, выделяемого почвенными микроорганизмами, мочевина в течение двух-трех дней превращается в углекислый аммоний:



Мочевина мало гигроскопична; при температуре до 20° С по степени гигроскопичности она близка к сульфату аммония, при более высоких температурах мочевина сильнее поглощает влагу из воздуха, чем сульфат аммония. Кристаллическая мочевина сильнее слеживается и хуже рассеивается, чем гранулированная.

Мочевину упаковывают в многослойные бумажные мешки клапанного типа или в бумажные мешки, пропитанные битумом, емкостью 35—50 кг (ГОСТ 2081—63).

Мочевину, как удобрение, выпускают в гранулированном виде. При грануляции в ней образуется биурет:



Высокое содержание биурета в мочеvine токсично для растений. Мочевина с повышенным содержанием биурета снижает урожай и качество сельскохозяйственных культур.

Содержание биурета в гранулированной мочеvine не должно превышать 1—1,5%.

Использование мочевины в большинстве зон СССР показало, что во всех случаях, кроме поверхностного внесения на лугах и пастбищах, она по эффективности равноценна аммиачной селитре (табл. 35).

При поверхностном внесении под влиянием уробактерий мочевина быстро аммонифицируется, превращаясь

в малостойкое соединение — углекислый аммоний, быстро разлагающийся на углекислоту и аммиак. В результате улетучивания аммиака снижается эффективность мочевины. При внесении ее на дернину луга происходит разложение мочевины за счет действия уреазы растительных остатков.

Таблица 35

Действие мочевины на урожай сельскохозяйственных культур

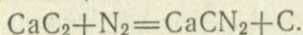
Культура	Урожай без удобрений, ц/га	Прибавка урожая	
		аммиачная селитра	мочевина
Основное внесение			
Озимые и яровые зер- новые (зерно)	25,8	4,2	4,7
Картофель (клубни)	192,9	42,7	41,1
Сахарная свекла (корни)	301,7	47,8	39,7
Подкормка			
Озимые (зерно)	25,4	4,1	3,6
Луговые травы (се- но)	27,3	14,4	11,9

Потери азота мочевины при поверхностном внесении могут достигать 20%. При повышении температуры они увеличиваются; на легких песчаных почвах потери азота выше, чем на суглинистых.

Эффективно внесение мочевины в условиях орошаемого земледелия, особенно при возделывании риса.

Цианамид кальция (CaCN_2) содержит 19—20% азота. Для удобрения используют технический продукт, который имеет 58—60% CaCN_2 , 9—13% С, 18—28% СаО. Объемный вес цианамид кальция 0,6.

Получают цианамид кальция при температуре 1100°С, пропуская газообразный азот через тонко размолотый карбид кальция:



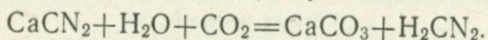
Для уменьшения пыления к цианамиду кальция добавляют масло (1—3%). Углерод и нефтяные масла

придают удобрению темно-серый или черный цвет и слабый запах керосина.

Чистый, не содержащий примесей углерода и извести, цианамид кальция (белый цианамид) содержит 35% азота.

Удобрение растворяется в воде. При нормальных условиях хранения почти не слеживается и хорошо рассеивается. Пылеватость цианамиды затрудняет его использование. Цианамидная пыль разъедает кожу и слизистые оболочки, поэтому при обращении с удобрением необходимо принимать меры предосторожности.

В почве цианамид кальция быстро разлагается. При взаимодействии с водой и углекислотой переходит в свободный цианамид (H_2CN_2) и углекислый кальций:



Свободный цианамид быстро превращается в аммиак: $\text{H}_2\text{CN}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ и в значительной степени в мочевины: $\text{H}_2\text{CN}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}(\text{NH}_2)_2$, которая под влиянием почвенных бактерий переходит в карбонат аммония.

На обычных почвах с достаточной поглощательной способностью и развитой бактериальной деятельностью при внесении цианамиды кальция в умеренных дозах он в течение нескольких дней переходит в аммиак. На торфяных и песчаных почвах превращение его протекает медленнее.

Свободный цианамид обладает ядовитыми свойствами и вредно действует на растения. Поэтому это удобрение вносят за 5—10 дней до посева и воздерживаются от применения его в подкормку. Для местного внесения в рядки, лунки и гнезда цианамид кальция не пригоден.

Наиболее эффективен цианамид кальция на кислых дерново-подзолистых почвах. Цианамид кальция в основном используют для дефолиации хлопчатника; в качестве удобрения его почти не применяют; хранят в сухом помещении, во влагонепроницаемой таре (стальных барабанах или бумажных мешках, пропитанных битумом) (ГОСТ 1780—56).

Мочевинно-формальдегидные удобрения (МФУ, карбамиформ, уреаформ). Эти удобрения получают при конденсации концентрированных растворов мочевины и формальдегида. Конденсат отфильтровывают, высуши-

вают и размалывают. Это белый аморфный негигроскопичный порошок.

Мочевино-формальдегидные удобрения содержат от 37 до 40% общего азота, в том числе 4—10% воднорастворимого. Таким образом, основная масса азота в этом удобрении труднорастворима в воде и, следовательно, не вымывается.

Однако, несмотря на слабую растворимость в воде, МФУ под влиянием микробиологических процессов, происходящих в почве, выделяет довольно значительное количество азота, доступного для питания растений.

Мочевино-формальдегидные удобрения, как медленно действующие азотные, применяют главным образом в орошаемых районах Средней Азии и во влажных субтропиках.

Мочевино-ацетальдегидное удобрение (уреа-Z) содержит 36—38% азота. По своим свойствам близко к мочевино-формальдегидным удобрениям, но в ряде случаев превосходит его по эффективности. Получают его при конденсации мочевины со смесью формальдегида и ацетальдегида. Тогда удобрение содержит 37—39% азота.

Кротонилиден-димочевина (КДМ) содержит около 30% азота. Она слабо растворяется в воде (0,06 г в 100 см³ при температуре 20°С). Это удобрение получают путем конденсации кротонового альдегида с мочевиной.

КДМ минерализуется лучше, чем МФУ, и в то же время азот КДМ используется растениями медленнее, чем азот мочевины и аммиачной селитры.

Гранулированный препарат КДМ содержит 28% азота, из них 90% в виде КДМ и 10% в виде нитратов. Товарная марка — флоранид.

Изобутилиден-димочевина (ИБДМ). Это удобрение получают как побочный продукт производства 2-этилгексанола. Промышленный продукт содержит 31% азота, выпускается в гранулах (0,7—2 мм), негигроскопичен. ИБДМ медленно растворяется в воде (0,01—0,1 г в 100 см³), затем гидролизуется в мочевины и изобутилальдегид. ИБДМ можно применять как самостоятельное удобрение, так и в составе смешанных и сложных. Для внесения под рис на заливных полях используют смесь ИБДМ с суперфосфатом, плавленным магниевым фосфа-

том и хлористым калием. При безирригационной обработке почвы вносят смесь ИБДМ (15—15—15) с диаммоний-фосфатом, мочевиной, сульфатом аммония и хлористым калием.

Оксамид — амид шавелевой кислоты $(\text{CONH}_2)_2$, содержит 31,8% азота. Порошок белого цвета, почти нерастворим в воде (0,04—0,10 г в 100 см³ воды). Удобрение применяют в гранулированном виде. Получают его путем синтеза из метана и аммиака. При внесении в почву весь азот оксамида постепенно переходит в доступную для растений форму, поэтому он является весьма перспективным медленно действующим азотным удобрением для сельскохозяйственных культур.

Эффективность медленно действующих азотных удобрений в большой степени зависит от размера их частиц. С уменьшением размера частиц повышается скорость превращения азота в доступную для растений форму.

Гранулы, защищенные полимерной пленкой, не слеживаются и не распыляются, что позволяет вносить их в почву одновременно с семенами. В зависимости от климатических условий и длительности вегетационного периода регулируется толщина покрытия, благодаря чему растения могут обеспечиваться питанием в течение всего сезона.

Эффективно применение мочевины, покрытой пленкой серы.

Серное покрытие составляет 10% веса мочевины. Коэффициент использования азота из этого удобрения ниже, чем из обычной мочевины, но по эффективности оно превосходит МФУ и равно обычным азотным удобрениям. Сера, покрывающая мочевины, используется растениями. Покрытие серой возможно и для других воднорастворимых гранулированных удобрений.

ФОСФОРНЫЕ

Фосфор в природе существует только в виде соединений с другими элементами, главным образом с кислородом.

Фосфорные удобрения, поставляемые сельскому хозяйству, содержат фосфор в виде ортофосфатов — солей ортофосфорной кислоты (H_3PO_4) . Кроме того, отдельные

фосфорные удобрения, в основном сложные, получают на основе полифосфорных (суперфосфорных) кислот, в том числе метафосфорной.

По степени растворимости фосфорные удобрения можно разделить на три основные группы: 1) растворимые в воде — суперфосфат, двойной суперфосфат, аммофос, диаммофос; 2) нерастворимые в воде, но которые растворяются в растворе лимоннокислого аммония или лимонной кислоты — преципитат (двузамещенный кальциевый фосфат), томасшлак, мартеновский фосфатшлак, обесфторенный фосфат и другие термические фосфаты; 3) труднорастворимые фосфаты — фосфоритная и костяная мука. Степень растворимости фосфорных удобрений определяет особенности их использования. Водорастворимые удобрения применяют в виде порошков и гранул, лимонно- и цитратнорастворимые — порошков, труднорастворимые — в виде очень тонкого порошка.

Водорастворимые фосфаты составляют около $\frac{3}{4}$ общего производства фосфорных удобрений, а труднорастворимые — около 8%.

Водорастворимые фосфаты

Суперфосфат — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4$ с примесью свободной H_3PO_4 — основное фосфорное удобрение. На его долю приходится около половины мирового производства фосфорных удобрений. Суперфосфат применяют на всех типах почв, под все культуры, самыми различными способами. Основной недостаток его — низкая концентрация питательного элемента (14—19,5% P_2O_5).

Суперфосфат получают при разложении размолотых природных фосфатов (апатита или фосфорита) серной кислотой. Образующиеся соединения не отделяются (кроме улетучивающегося фтора) и остаются в составе удобрения. Для его получения берут почти одинаковые количества фосфатов и серной кислоты, поэтому концентрация фосфора в суперфосфате в 2 раза меньше, чем в исходном фосфатном сырье, и он почти наполовину состоит из сернокислого кальция. Среди примесей имеются также небольшие количества сульфатов полторных окислов, фтористого кальция, кремнекислоты, песка и глины. Фосфор содержится в виде монокальцийфосфа-

та и свободной фосфорной кислоты, в небольших количествах трехкальциевого и дикальциевого фосфатов и фосфатов полуторных окислов.

Суперфосфат, в отличие от концентрированного фосфорного удобрения двойного суперфосфата, часто называют простым суперфосфатом. Состав суперфосфата и его качество зависят от исходного сырья. Фосфориты, содержащие низкий процент фосфора и много полуторных окислов, непригодны для его производства.

Суперфосфат — кислое удобрение, но кислотность почвы даже при длительном внесении его не повышается.

Основную массу суперфосфата в СССР производят из апатита. В этом удобрении должно содержаться не менее 19,5% (высший сорт) и 19% (первый сорт) усвояемой P_2O_5 (то есть суммы водорастворимой и цитратно-растворимой P_2O_5), свободной фосфорной кислоты в пересчете на P_2O_5 не более 5% и влаги не более 12—13% (ГОСТ 8382—57). При правильном хранении суперфосфат не слеживается и хорошо рассеивается.

Суперфосфат получают также из фосфоритов Каратау (ГОСТ 4667—49). Он содержит не менее 14% усвояемой, не более 5,5% свободной фосфорной кислоты и 15% влаги. По составу и физическим свойствам он хуже суперфосфата, полученного из апатита. Объемный вес суперфосфата 1,2—1,26.

Суперфосфат перевозят навалом или в пятислойных бумажных мешках.

Гранулированный суперфосфат, полученный из апатита, содержит усвояемой P_2O_5 не менее 19,5%, свободной кислоты в пересчете на P_2O_5 1—2,5%. Гранул размером 2—4 мм должно быть не менее 74% и от 1—2 мм — не более 20% (ГОСТ 5956—53).

Гранулированный суперфосфат из апатита упаковывают в полиэтиленовые или в четырех-, пятислойные бумажные мешки, пропитанные битумом, весом 50 ± 1 кг (ГОСТ 2226—62). Полиэтиленовые мешки должны быть сварены, а бумажные прочно прошиты.

В гранулированном суперфосфате, полученном из фосфоритов Каратау, находится не менее 14% P_2O_5 , не более 2,5% свободной кислоты. Размер гранул 0,5—4,0 мм. Объемный вес 1,2 (РТУ 188—62).

Гранулированный суперфосфат из фосфоритов Кара-

тау упаковывают в четырех-, пятислойные бумажные мешки, пропитанные битумом, весом 40 кг. Мешки должны быть прошиты.

Таблица 36

**Эффективность гранулированного суперфосфата
при рядковом внесении под озимые зерновые**

Почва	Урожай зерна без удобрений, ц/га	Доз, кг/га P_2O_5	Прибавка, ц/га
-------	--	---------------------	-------------------

Районы Нечерноземной зоны европейской части РСФСР

Подзолистые, песчаные и супесчаные	13,4	10,0	2,2
Подзолистые глинистые	21,2	10,9	3,6
Серые лесные и выщелоченные черноземы	19,6	10,6	2,4

Центрально-Черноземный район

Серые лесные и черноземы выщелоченные, мощные и обыкновенные	26,1	9,6	2,6
--	------	-----	-----

Поволжье

Серые лесные и черноземы выщелоченные	24,4	9,7	2,2
Черноземы обыкновенные и южные каштановые почвы	16,3	11,1	2,9

Северный Кавказ

Черноземы предкавказские и каштановые почвы	23,6	10,0	1,9
---	------	------	-----

Гранулированный суперфосфат обладает хорошими физическими свойствами. В отличие от простого суперфосфата при внесении в почву он меньше соприкасает-

ся с ее частицами, что задерживает процесс ретроградации фосфорной кислоты, то есть ослабляет переход водорастворимого монокальция фосфата в труднорастворимые формы. Особенно эффективен гранулированный суперфосфат при рядковом внесении (табл. 36).

При местном применении дозу суперфосфата уменьшают с 2,5—3 до 0,5 ц/га. При этом получают хорошую прибавку урожая.

Таблица 37

Эффективность гранулированного суперфосфата при рядковом внесении под яровую пшеницу

Почва	Урожай зерна без удобрений, ц/га	Доза, кг/га P_2O_5	Прибавка, ц/га
Районы Нечерноземной зоны европейской части РСФСР			
Подзолистые супесчаные и суглинистые	17,0	12,0	3,1
Серые лесные, черноземы выщелоченные	14,4	8,4	2,0
Центрально-Черноземный район и лесостепь Поволжья			
Выщелоченные и мощные черноземы	14,9	11,7	1,5
Степные районы Поволжья			
Черноземы обыкновенные, южные и каштановые почвы	12,6	12,0	1,9
Западная Сибирь и Алтай			
Черноземы выщелоченные и обыкновенные	20,6	11,9	2,3
Дальний Восток			
Лугово-черноземные и дерново-подзолистые	19,3	12,8	2,3

Рядковое внесение гранулированного суперфосфата значительно увеличивает урожай яровой пшеницы (табл. 37) в степных районах Поволжья и Казахстане (каждый центнер гранулированного суперфосфата дает прибавку урожая зерна 3—3,8 ц/га).

При основном внесении и вместе с семенами гранулированный суперфосфат при равных дозах P_2O_5 действует значительно лучше порошковидного.

Обогащенный суперфосфат получают из апатитового концентрата путем обработки серной кислотой и небольшим количеством неупаренной экстракционной фосфорной кислоты. Выпускается это удобрение в порошкообразном и гранулированном виде.

Обогащенный порошкообразный суперфосфат содержит не менее 23,5% усвояемой P_2O_5 и не более 5% свободной кислотности; гранулированный суперфосфат — соответственно 24,5 и 1—2,5%. Содержание гипса в обогащенном суперфосфате меньше, чем в простом. Его применяют так же, как и простой суперфосфат.

Кроме того, промышленность для сельского хозяйства выпускает несколько других видов суперфосфата.

Суперфосфат из апатитового концентрата сушеный и нейтрализованный с содержанием 20% P_2O_5 (I сорт) и 19% P_2O_5 (II сорт);

суперфосфат из апатитового концентрата нейтрализованный и высушенный с содержанием 19,5% P_2O_5 .

Двойной суперфосфат $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ получают из апатита и фосфорита путем их обработки фосфорной кислотой. $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2 + 14H_3PO_4 + 10H_2O = 4Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 2HF$. Двойной суперфосфат не содержит гипса, и выпускают его главным образом в гранулированном виде и меньше в порошковидном.

Марка А сорт I содержит	49% P_2O_5
Марка А сорт II »	47% P_2O_5
Марка Б сорт I »	44% P_2O_5
Марка Б сорт II »	42% P_2O_5

Содержание свободной кислотности в пересчете на P_2O_5 составляет 2,5—5%.

Двойной суперфосфат упаковывают в четырех- или пятислойные крафт-целлюлозные, битуминированные или полиэтиленовые мешки весом $35 \pm 1,5$ кг или $50 \pm 1,5$ кг.

Агрономическая эффективность простого и двойного суперфосфата равноценна. Однако следует иметь в виду, что при систематическом внесении двойного суперфосфата в районах со слабой обеспеченностью серой и под культуры с повышенной потребностью в сере, например под бобовые и крестоцветные, его эффективность по сравнению с простым суперфосфатом, содержащим серу в составе гипса, может быть ниже, так как в этом случае растения могут испытывать серную недостаточность. Поэтому в таких случаях двойной суперфосфат рекомендуется сочетать с азотными и калийными удобрениями, содержащими серу (с сульфатом аммония, сульфатом калия или сульфатом калия-магния).

В СССР производится гранулированный двойной суперфосфат. Объемный вес его 1,1—1,2.

В двойном гранулированном суперфосфате, полученном из апатита, должно содержаться не менее 45% усвояемой P_2O_5 ; не более 2,5% свободной кислотности, не менее 85% воднорастворимой P_2O_5 ; гранул размером более 4 мм — 5%, от 2 до 4 мм — не менее 50%, от 1 до 2 мм — не более 40% и менее 1 мм — не более 5%.

Аммонизированный суперфосфат — $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + NH_4H_2PO_4$ — получают при насыщении суперфосфата безводным аммиаком, аммиачным раствором или аммиакатами (растворы азотных солей — $Ca(NO_3)_2$, NH_4NO_3 и $CO(NH_2)_2$ в безводном аммиаке). Состав его зависит от количества введенного аммиака. При небольшой дозе последнего нейтрализуется свободная кислотность суперфосфата (H_3PO_4) с образованием моноаммонийфосфата ($NH_4H_2PO_4$), и содержание воднорастворимой P_2O_5 в удобрении не уменьшается. При введении большого количества аммиака образуется моноаммонийфосфат и цитратнорастворимый дикальцийфосфат, то есть уменьшается в удобрении содержание водорастворимой P_2O_5 . При дальнейшем увеличении дозы аммиака в удобрении снижается качество усвояемой P_2O_5 (суммы водорастворимой и цитратнорастворимой P_2O_5) и образуются трехкальциевые фосфаты.

Аммонизированный суперфосфат имеет хорошие физические свойства и является ценным компонентом для приготовления смешанных удобрений.

Аммонизированный суперфосфат, полученный из фосфоритов Каратау, должен содержать не менее 14,0%

усвояемой P_2O_5 и не более 2,3% азота. Остаток на сите с диаметром отверстий 4 мм должен быть не более 20%, 6 мм — не более 2%. Объемный вес 1,1—1,2. Упаковывают в четырехслойные бумажные мешки.

Аммофос ($NH_4H_2PO_4$) сложное фосфорно-азотное концентрированное удобрение. Получают его путем нейтрализации фосфорной кислоты. Состав удобрения зависит от исходного сырья. Аммофос, полученный из апатита, содержит около 50% водорастворимой P_2O_5 и 11—12% азота. Обладает хорошими физическими свойствами — мало гигроскопичен, не слеживается, легко высевается.

Аммофос, полученный из обогащенных фосфоритов Каратау, должен отвечать следующим требованиям:

содержание лимоннораствори- мой P_2O_5 не менее	45%
» водорастворимой P_2O_5 не менее	32%
» общего аммиака в пересчете на азот не ме- нее	10%
остаток на сите с отверстия- ми 4 мм не более	10%.

Аммофос из фосфоритов Каратау не слеживается и хорошо рассеивается. Объемный вес 1,07—1,15. Упаковывают в бумажные мешки, пропитанные битумом.

Аммофос применяют на черноземных почвах, сероземах и др. для удобрения технических, овощных и других культур. Вносят его из расчета содержания в нем фосфорной кислоты в количествах, соответствующих принятым нормам фосфорных удобрений.

Аммофос из апатита, как водорастворимое удобрение, используют для основного внесения, в рядки при посеве, для подкормок растений.

Диаммофос $(NH_4)_2HPO_4$ — сложное фосфорно-азотное удобрение. Содержит около 53% пятиоксида (P_2O_5) и около 20% азота. Получают его путем насыщения фосфорной кислоты аммиаком. Объемный вес 0,78—0,82.

Диаммофос используют для допосевного внесения и подкормок зерновых, технических, овощных и плодовых культур.

Как легкорастворимое в воде удобрение, его можно применять для жидких подкормок растений. При мест-

ном использовании диаммофос следует вносить так, чтобы не было непосредственного контакта между семенами, растениями и удобрением во избежание возможного вредного действия его на корневую систему молодых проростков, исходя из содержания в нем фосфора с учетом имеющегося азота. Аммофос и диаммофос — хорошие компоненты для тукосмесей.

Лимонно- и цитратнорастворимые фосфаты

Томасшлак, или томасов шлак, $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$ — размолотый побочный продукт, получаемый при переработке на железо и сталь богатых фосфором чугунов щелочным методом. Фосфор в нем находится в основном в виде тетракальциевого фосфата ($\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$) и силикокарнатита ($\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9 \cdot \text{CaSiO}_3$). Согласно ОСТ 4897, количество P_2O_5 , растворимой в 2% ной лимонной кислоте, должно быть не ниже 14%. Воднорастворимую P_2O_5 томасшлак не содержит. Удобрение должно проходить через сито с отверстиями диаметром 2 мм, остаток на сите с диаметром отверстий 0,175 мм = не более 15%. Объемный вес 2,0.

Томасшлак можно получать из богатых фосфором железных руд или при обогащении шихты железных руд. В мировой продукции фосфорных удобрений он составляет 16%.

Томасшлак содержит около 10—12% свободной окиси кальция (CaO), поэтому его нельзя смешивать с аммиачными солями. Это щелочное фосфорное удобрение, поэтому оно особенно эффективно на кислых, известкованных дерново-подзолистых почвах. Применяют его для основного допосевного внесения под вспашку или культиватор.

Фосфатшлак мартеновский ($4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$) — размолотый побочный продукт переработки на сталь и железо богатых фосфором чугунов мартеновским методом. Содержится фосфор в основном в виде силикофосфатов. По агрохимическим свойствам близок к томасшлаку. Согласно ЧМТУ 4733—55, в первом сорте имеется 12% и во втором — 8% лимоннорастворимой P_2O_5 . Тонина помола обеспечивает прохождение через сито с отверстиями диаметром 2,0 мм и остаток на сите с отверстиями 0,175 мм = не более 20%. Наиболее эффек-

тивен на кислых почвах как щелочное фосфорное удобрение. Недостаток — низкий процент P_2O_5 . Объемный вес 2,0. Перевозят навалом и в бумажных мешках.

Обесфторенный фосфат $\alpha Ca_3(PO_4)_2 + 4CaO \cdot P_2O_5$. $CaSiO_3$ получают из апатитового концентрата с небольшой добавкой кремнезема (2—3%) обработкой водяным паром при температуре 1450—1550°С. В этих условиях кристаллическая решетка фторапатита $Ca_5F(PO_4)_3$ разрушается, содержащийся в апатите фтор выделяется в газообразном состоянии, а фосфор переходит в усвояемые для растений формы.

Фосфор как удобрение находится в виде лимоннорастворимого альфа-трикальцийфосфата и силикофосфата. В зависимости от технологического процесса в нем может быть небольшое количество бета-трикальцийфосфата.

Обесфторенный фосфат содержит 34—36% лимоннорастворимой пятиокиси фосфора (P_2O_5). Он в 2 раза концентрированней томасшлака и в 3—4 раза — фосфатшлаков. Согласно ГОСТ 10516—63, обесфторенный фосфат содержит не менее 36% P_2O_5 , растворимой в 0,4%-ной HCl.

Обесфторенные фосфаты можно получить и из фосфоритов Каратау, которые содержат достаточное количество кремнезема (10—14%). Температура плавления фосфоритов Каратау 1420°С. Чтобы повысить температуру плавления, к фосфориту добавляют известняк или мел. При добавке 40 весовых частей известняка к 100 весовым частям фосфорита температура обжига смеси во вращающейся печи составляет 1450—1500°С.

Обесфторенный фосфат из фосфоритов Каратау содержит 20—22% лимоннорастворимой и 19—20% цитратнорастворимой P_2O_5 . Таким образом, по растворимости P_2O_5 он превосходит обесфторенный фосфат из апатита и по своим свойствам равноценен триципиту.

Обесфторенные фосфаты рассыпчаты, негигроскопичны, не слеживаются, не содержат свободной кислотности. Тонина помола их соответствует остатку продукта в размере 5% на сите с диаметром отверстий 0,147 мм.

Обесфторенный фосфат не пригоден для внесения в гранулированном виде и в подкормку, так как является лимонно- и цитратнорастворимым удобрением.

Преципитат $(CaHPO_4 \cdot 2H_2O)$ получают нейтрализа-

цией фосфорной кислоты известковым молоком или мелом. Фосфор в нем содержится в виде дикальцийфосфата, растворимого в щелочном растворе цитрата аммония (реактив Петермана). Это тонкий белый порошок, пылящий при внесении. Количество P_2O_5 в удобрении зависит от исходного фосфорного сырья. В чистом дикальцийфосфате содержится 41,2% P_2O_5 . Объемный вес его 0,8.

Преципитат используют как основное удобрение с заделкой плугом или культиватором.

Термофосфат ($Na_2O \cdot 3CaOP_2O_5 + SiO_2$) получают сплавлением или спеканием природных фосфатов с различными добавками: соды, поташа, сульфата натрия, калия и магния, а также с природными магниевыми породами (оливинитом, серпентинитом и др.). Содержит кальциево-натриевые, кальциево-калиевые соли, фосфаты и силикофосфаты перечисленных элементов.

Термофосфат оценивают по содержанию лимоннорастворимой или цитратнорастворимой P_2O_5 . Применяют в качестве основного удобрения на всех видах почв, особенно на кислых. Содержание P_2O_5 в удобрении составляет 20—30%. Объемный вес 1,7.

К термофосфатам относятся плавленные магниевые и обесфторенные фосфаты.

Плавленный магниевый фосфат [$\alpha Ca_3(PO_4)_2 + MgSiO_3$] — удобрение, содержащее усвояемый растениями фосфор и магний. Получают его путем плавления природных фосфатов с магниесодержащими добавками (силикаты магния — оливинит или серпентинит) при температуре 1350—1400°С с последующим быстрым охлаждением плава водой. Он состоит из стекловидных прозрачных гранул разной формы и величины. Цвет гранул изменяется от ярко-зеленого почти до черного в зависимости от исходного сырья.

Плавленный магниевый фосфат содержит 19—21% усвояемой лимоннорастворимой P_2O_5 и 8—14% MgO.

Фосфор в плавленном магниевом фосфате находится в виде модификации трикальцийфосфата, хорошо растворимой в 2%-ной лимонной кислоте. Данная модификация стабильна при температуре выше 1100°С. Неправильное охлаждение приводит к перекристаллизации продукта в малоусвояемую β -модификацию трикальциевого фосфата или фторапатит,

Производство плавленного магниевого фосфата не требует применения серной кислоты, позволяет использовать низкопроцентные природные фосфаты без предварительного их обогащения или фосфориты, пригодные для получения суперфосфатов. Для прокаливания и плавления природных фосфатов используют разные виды топлива: нефть, природный газ, уголь.

Удобрение обладает хорошими физическими свойствами: негигроскопично, не слеживается, не содержит свободной кислотности.

Эффективность его зависит от размера частиц. При внесении удобрения на дерново-подзолистых суглинистых почвах размер частиц имеет меньшее значение, чем на типичных сероземах. Большая часть удобрения (60%) должна проходить через сито с диаметром отверстий 0,074 мм, а остальная часть — с диаметром отверстий 0,147 мм. Объемный вес 1,7.

Тонкоразмолотый плавленный магниевый фосфат — высокоэффективное удобрение при основном внесении на всех типах почв. На кислых песчаных и супесчаных почвах, нуждающихся в магниевых удобрениях, плавленный магниевый фосфат не только фосфорное, но и магниевое удобрение, нейтрализующее в некоторой степени почвенную кислотность.

Магнийаммонийфосфат ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) — концентрированное удобрение, содержащее три питательных элемента: фосфор, азот и магний. Получают его из фосфорной кислоты, аммиака и гидрата окиси магния или солей магния — хлористой, сернокислой или углекислой. Он может быть в виде кристаллогидрата, содержащего одну ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) или шесть ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) молекул воды.

Шестиводный гидрат очень неустойчив при хранении и уже при температуре 30—50°С выделяет аммиак. В Научно-исследовательском институте по удобрениям и инсектофунгицидам разработана технология получения одноводного магнийаммонийфосфата, который резко отличается по своим свойствам от шестиводного — он негигроскопичен, устойчив до 230°С, не выделяет аммиака при хранении. Благодаря меньшему количеству кристаллизационной воды одноводная соль содержит на 35% больше питательных элементов, чем шестиводная.

Магнийаммонийфосфат содержит азот в водонераст-

воримой форме, что уменьшает вымывание его на легких почвах и не повышает осмотическое давление почвенного раствора. В одноводном магнийаммонийфосфате содержится 45,7% P_2O_5 , 10,9% N и 25,9% MgO .

Фосфор в магнийаммонийфосфате находится в лимоннорастворимой форме, поэтому это удобрение следует вносить в порошковидной форме под плуг или культиватор. При использовании его в дозе 45—60 кг/га P_2O_5 с ним вносится такое количество магния, которое может обеспечить потребность в этом элементе всех культур на песчаных и супесчаных оподзоленных почвах, нуждающихся в магниевых удобрениях. Магнийаммонийфосфат на этих почвах целесообразно применять как основное допосевное удобрение.

Магнийаммонийфосфат можно использовать и как концентрированное азотно-фосфатное. В этом случае применяют его в условиях орошаемого земледелия, где до посева рекомендуется вносить фосфор и азот малыми дозами, а затем в виде подкормок. Наличие в магнийаммонийфосфате нерастворимого в воде азота способствует его сохранению от вымывания.

Благодаря хорошим физическим свойствам магнийаммонийфосфат можно использовать и как компонент для приготовления концентрированных тукосмесей или сложных удобрений. В этом случае его обогащают азотом и калием до обычных соотношений азота, фосфора и калия.

Труднорастворимые фосфаты

К этой группе фосфатов относятся фосфоритная и костяная мука. Труднорастворимые фосфаты составляют около 8% общего производства фосфорных удобрений.

Фосфоритная мука представляет собой измельченные природные фосфориты или продукты их обогащения. По стандарту измельченная фосфоритная мука должна не менее чем на 80% проходить через сита с размером сторон ячеек в свету 0,18 мм. Содержание влаги не должно превышать 3%. Фосфорного ангидрида (P_2O_5) в пересчете на сухое вещество в высшем сорте содержится 30%, первом — 25, во втором — 22 и в третьем — 19%.

Тонина помола фосфоритной муки в значительной степени влияет на ее эффективность, частицы фосфоритной муки мельче 0,075 мм по своему действию равноценны суперфосфату, а частицы крупнее 0,1 мм в первый год практически не влияют на урожай.

При размере частиц фосфоритной муки Егорьевского месторождения мельче 0,05—0,04 мм ее эффективность повышается по сравнению с обычным помолом не только на кислых, известкованных почвах, но и при их известковании.

Фосфоритная мука, полученная из желваковых фосфоритов, по своей эффективности в нечерноземной зоне мало уступает суперфосфату при внесении в более повышенных или равных дозах P_2O_5 .

Причем фосфоритная мука по своему последствию нередко превосходит водорастворимые фосфорные удобрения. Поэтому фосфоритную муку рекомендуется вносить высокими дозами. Этот способ перспективный при использовании для внесения пневматических устройств типа цементовозов. В этом случае, при наличии пристанционных складов для фосфоритной муки силосного типа, процесс транспортировки и внесения фосфоритной муки может быть полностью механизирован.

Применение фосфоритной муки в сельском хозяйстве затрудняют ее плохие физические свойства, особенно пыление. Работа по устранению этого недостатка позволит в значительной степени устранить потери и повысить агрономическую и экономическую эффективность фосфоритной муки. Одним из возможных способов решения этой задачи может быть грануляция фосфоритной муки.

Грануляция фосфоритной муки совместно с азотными и калийными удобрениями позволит помимо улучшения физических свойств использовать ее в виде сложных удобрений.

Фосфоритную муку целесообразно применять в районах нечерноземной зоны при основном внесении повышенными дозами — 500—700 кг/га.

КАЛИЙНЫЕ

Калийные удобрения можно разделить на следующие группы:

концентрированные калийные удобрения — продукты

заводской переработки сырых солей (хлористый калий, сульфат калия, калимагнезия и др.);

смешанные, получаемые из сырых солей и концентрированных удобрений;

сырые соли, получаемые путем размола природных пород (сильвинит, каинит и др.).

В качестве калийных удобрений используют и отходы промышленности. Среди них большое значение имеет калийная цементная пыль. Как калийное удобрение, применяют также и древесную золу.

Хлористый калий (KCl) получают разделением сильвинита на хлористый калий и хлористый натрий двумя способами: путем перекристаллизации, основанной на различной растворимости этих солей, или методом флотации, при котором кристаллы галита оседают на дно, а кристаллы сильвина хлористого калия остаются во флотационной жидкости.

Хлористый калий, полученный методом перекристаллизации, состоит из мелких кристаллов белого цвета с сероватым оттенком. Чтобы удобрение не слеживалось и обладало хорошей сыпучестью, к нему добавляют амины.

Флотационный хлористый калий имеет более крупные естественные кристаллы (до 0,75 мм), окрашенные в розоватый цвет. Оставшийся на поверхности кристаллов флотационный реагент обеспечивает неслеживаемость и сыпучесть удобрения. Флотационный хлористый калий дешевле получаемого перекристаллизацией.

Различают несколько сортов хлористого калия в зависимости от содержания в них окиси калия (табл. 38): марка К, получаемая кристаллизацией из растворов (белого цвета), марка Ф — флотационным обогащением сильвинита розового (допускается красноватый оттенок).

Объемный вес 0,95. Хлористый калий марки К высшего и первого сортов и гранулированный упаковывают в пятислойные мешки из крафт-целлюлозной бумаги, пропитанной битумом. Продукт второго и третьего сортов перевозят навалом.

Хлористый калий выпускают также в виде отработанного электролита, который является отходом при переработке карналита на магний.

Сорта хлористого калия

Показатели	Марка К			Марка Ф	
	высший сорт	I сорт	II сорт	II сорт	III сорт
Хлористый калий, не менее, %	99	98,3	95	95	92
Окись калия, не менее, %	62,5	62,0	60	60	58,1
Хлористый натрий, не более, %	0,9	1,4	4,5	4,5	7,0
Влаги, не более, %				1	1
Гранулометрический состав, %:	0,3	1	I		
размер гранул 2—4 мм, не менее	Не нормируется		80	80	80
размер гранул 1—2 мм, не более	»	»	20	20	20

Примечание. Первые три показателя даны в пересчете на сухое вещество.

В первом сорте отработанного электролита по ТУ-23-60 содержится не менее 42,2 кг K_2O , а во втором — 40,1 кг.

Размер частиц отработанного электролита первого сорта, отгружаемого в качестве удобрения, не должен превышать 3 мм. Фракции более 3 мм должно быть не более 10% по весу.

Кроме хлористого калия отработанный электролит содержит около 30% хлористого натрия и 2—3% хлористого магния. Содержание окиси натрия составляет 16% и окиси магния — 0,2%. Перевозят удобрения навалом в крытых вагонах.

Сульфат калия (K_2SO_4) — концентрированное калийное удобрение, содержащее незначительное количество хлора. Это кристаллический рассыпчатый белый порошок с желтым оттенком. Содержание калия не менее 48%, окиси магния не более 1%, влаги не более 10% (СТУ — 78—49—62). Сульфат калия хорошо растворяется в воде. Объемный вес удобрения 1,4.

Рекомендуется вносить под культуры, не перенося-

щие избыток хлора, — картофель, табак, виноград, цитрусовые и др.

Наличие в удобрении сульфат-иона может положительно влиять на урожай растений семейства крестоцветных (капуста, брюква, турнепс, горчица и др.) и бобовых культур, потребляющих из почвы много серы.

Сульфат калия перевозят в таре или навалом в крытых вагонах, оборудованных щитами по обе стороны.

Калийно-магниевый концентрат получают из каинито-лангбейнитовой руды методом флотации. В состав удобрения входит в основном минерал лангбейнит ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$), а также в небольшом количестве полигалит, галит, эпсомит и гипс. В среднем оно содержит 30—38% K_2SO_4 , 39—40% $MgSO_4$, 4—5% KCl и 8—10% $NaCl$.

Калийно-магниевый концентрат выпускают двух сортов: I содержит не менее 19% K_2O и не менее 9% MgO с влажностью не более 5% и II — не менее 17,5% K_2O и 8% MgO с влажностью не более 5%. Количество хлора не нормируется, но в удобрении I сорта его должно быть не более 8%.

Таким образом, в калийно-магниевом концентрате на единицу калия хлора приходится примерно в 2 раза меньше, чем в хлористом калии. Это зернистый несслеживающийся порошок серого цвета с размером частиц до 3 мм не менее 90%. Продукт перевозят навалом в вагонах, оборудованных щитами (МРТУ 6—12—4—66).

Лангбейнит и полигалит в воде растворяются медленно, но калий и магний его доступен растениям.

Калийно-магннеевое удобрение содержит незначительное количество хлора, и его относят к бесхлорным серосодержащим удобрениям.

Наличие магния положительно влияет на урожай сельскохозяйственных культур на легких песчаных и супесчаных почвах.

Калимагнезия ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$) — полупродукт при переработке сульфата калия из каинита. Удобрение содержит в основном минерал шенит, поэтому его называют также шенитом.

Выпускают удобрение в виде гранул диаметром 1—3 мм или до 1 мм двух сортов, в которых содержание веществ в пересчете на сухой продукт должно быть следующее (%):

	I сорт	II сорт
Окись калия, не менее	30	28
Окись магния, не менее	10	8
Хлор, не более	5	Не нормируется
Влажность, не более	2	2

Удобрение перевозят навалом в крытых вагонах, оборудованных щитами у дверей (МРТУ 6—12—5—66).

Цементная калийная пыль — отход цементных заводов. Калий в удобрении представлен смесью солей в виде карбонатов, бикарбонатов, сульфатов и в незначительной степени силикатов. Соотношение между этими солями зависит от состава сырья и условий обжига. При использовании газообразного топлива больше образуется карбонатов и бикарбонатов калия, а при работе печей на сернистом мазуте и угле преобладают сульфаты калия. Кроме калийных соединений, в цементной калийной пыли имеются окись кальция, гипс, полуторные окислы и примеси солей микроэлементов.

Цементную пыль применяют на кислых дерново-подзолистых почвах нечерноземной зоны.

Цементную гранулированную пыль выпускают двух сортов (табл. 39).

Таблица 39

Сорта цементной калийной пыли по МРТУ 21—2—63, %

Показатели	Калийно-известковая	Известково-калийная
Содержание K_2O в водной вытяжке, не менее	15	10
Содержание CaO	Не нормируется	30
Гранулометрический состав:		
размер гранул от 1 до 8 мм, не менее	80	80
размер гранул менее 1 мм, не более	10	10
размер гранул более 8 мм, не более	10	10

Цементную калийную пыль упаковывают в бумажные мешки, хранят в сухом месте.

40% - и 30%-ная калийная соль KCl с молотым сильвинитом или каинитом. Эти удобрения смешивают с таким расчетом, чтобы содержание окиси калия в смеси было не менее 40 или 30%. Тонина помола — остаток на сите с отверстиями 5 мм не более 8—10%. Смешанные калийные соли на сильвините содержат значительное количество хлористого натрия (35—50% общего веса удобрения). Объемный вес 0,95.

Сильвинит — размельченная сильвинитовая порода, имеет вид крупнокристаллического порошка красновато-серого цвета. Размер кристаллов 1—4 мм и не более 20% крупнее 4 мм.

В состав сильвинита входят 22—28% хлористого калия (сильвин) и 67—72% хлористого натрия (галит) в соотношении по весу 1:3. В сильвините содержится 14—18% окиси калия, 34—38% окиси натрия и 52—55% хлора. В удобрении имеется нерастворимый остаток (2—7%) в виде илстых частей глины и примеси микроэлементов — бора, брома, йода и др. Оно слабо гигроскопично, хорошо рассеивается, но при хранении слеживается. Объемный вес 1,1.

Удобрения перевозят навалом в крытых вагонах, оборудованных щитами (СТУ 23—192—61). Сильвинит Солигорского месторождения содержит меньше калия (8—11% K_2O), но больше натрия.

Каинит ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$) — минерал с большой примесью хлористого натрия (45—47% общего веса). В нем содержится 10—12% окиси калия, 22—25% окиси натрия, 6—7% окиси магния, 15—17% серного ангидрида и 32—35% хлора. Каинит — низкопроцентное и малотранспортабельное удобрение. Объемный вес 1,4.

Удобрение перевозят навалом в крытых вагонах, оборудованных щитами (СТУ 75—10—57—64 и СТУ 78—15—62).

Селитра калиевая (KNO_3) — кристаллическое вещество желтовато-серого цвета, содержит 44% K_2O и 13% N (СТУ—71—X—20—62). Удобрение слабо слеживается. Перевозят его в бумажных мешках.

Калиевую селитру вносят весной под культуры, не переносящие хлор, так как в ней содержится легко вымываемый нитратный азот.

Калий углекислый (поташ) (K_2CO_3) — щелочное удобрение, получаемое как побочный продукт при переработке нефелинового сырья. Удобрение содержит 52—55% K_2O (ГОСТ 10690—63). Перевозят его в многослойных бумажных мешках, пропитанных битумом, и др.

Рекомендуется вносить под картофель и плодовые культуры на кислых почвах.

Полигалитовые соли. Чистый полигалит состоит из сернокислых солей калия, магния и калия и содержит 15,1% K_2O . Полигалитовая соль отличается тем, что не имеет хлоридов. Природная полигалитовая соль содержит 10—11% калия (K_2O).

В состав полигалитовой соли входит магний. Полигалитовые соли могут служить сырьем для приготовления калийно-магнезиальных удобрений.

Действие калийных удобрений в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий, биологических особенностей отдельных культур и их возделывания, а также общей культуры земледелия. Калийные удобрения отличаются действием сопутствующих компонентов — натрия, магния, серы, хлора, что влияет на качество урожая. При этом иногда наряду с повышением урожая наблюдается снижение его качества, если применяют удобрения, не соответствующее потребности данной культуры. Отмечается влияние калия на повышение номерности волокна льна, содержание крахмала в клубнях картофеля, увеличение сахаристости винограда, повышение кормовой ценности бобовых трав.

Бесхлорные формы калийных удобрений рекомендуется вносить под такие культуры, как картофель, гречиха, лен, бобовые, табак, эфирномасличные, цитрусовые, виноград, которые чувствительны к наличию хлора. Исследования показали, что в зависимости от свойств почвы одни и те же формы калийных удобрений действуют по-разному (табл. 40).

На почвах легкого механического состава калийно-магнезиальные соли при внесении под картофель действовали значительно лучше, чем хлористый и сернокислый калий.

Положительное действие магния в составе удобрений (сульфат калия-магния) особенно проявляется на почвах легкого механического состава. Внесение низкопроцентного каинита на этих почвах значительно пони-

зило урожай картофеля, что связано с вредным для этой культуры увеличением концентрации солей, особенно хлористых, в почвенном растворе. На черноземных почвах различные формы калийных удобрений по эффективности равноценны.

Таблица 40

Действие форм калийных удобрений на урожай
и качество картофеля

Почва	Показатели урожая	Урожай по фону, ц/га	Прибавки урожая, ц/га		
			KCl	K ₂ CO ₃	K ₂ SO ₄ MgSO ₄
Супесчаные, песчаные	Клубни	189	20	—	33
	% крахмала	14,9	12,8	—	13,4
	Выход крах- мала	25,1	3,9	—	6,8
Супесчаные, песчаные	Клубни	172	19	21	33
	% крахмала	15,1	14,8	15,1	15,3
	Выход крах- мала	26,0	2,4	3,7	5,7
Суглинистые	Клубни	217	20	22	21
	% крахмала	16,5	16,1	16,4	16,7
	Выход крах- мала	38,6	1,9	3,2	3,9
Серые лесные	Клубни	125	20	27	—2
	% крахмала	15,2	15,8	17,0	15,6
	Выход крах- мала	19,1	3,9	6,8	1,3

МАГНИЕВЫЕ

Формы магниевых удобрений разнообразны. В большинстве случаев вносят магний совместно с известкованием почвы магнийсодержащими соединениями или с другими удобрениями.

По степени растворимости магниевые удобрения разделяют на нерастворимые в воде, тонкоразмолотые природные материалы или породы — дунит, серпентинит, вермикулит, доломит, магнезит, брусит и доломитизированные известняки, которые при взаимодействии с кислотой почвой выделяют магний в почвенный раствор; растворимые в воде — сырые соли и продукты их переработки — эпсомит, каинит, карналлит, сульфат магния;

растворимые в лимонной кислоте и усвояемые растениями — магниевый плавленный фосфат, дунитовый суперфосфат и др.

Магниевого удобрения по составу разделяют на простые (магнезит, дунит) и сложные, содержащие два и более питательных элемента: азотно-магниевые (аммошениит, доломит — аммиачная селитра); фосфорно-магниевые (магниевый плавленный фосфат); калийно-магниевые (калийно-магниевый концентрат, калимагнезия, полигалит, каинит, карналлит); бормагниевого (борат магнезия); известково-магниевые (доломит, доломитизированные известняки и продукты их переработки); содержащие азот, фосфор и магний (магнийаммонийфосфат). Большинство калийно-магниевых удобрений содержит также серу.

Доломитовая мука ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) — продукт размола доломита. Содержит около 20% MgO и 28% CaO . Согласно МЗРТУ 1—65, доломитовая мука класса А должна иметь остаток на сите с размером сторон ячеек в свету 0,25 мм не более 32%, а класса Б — не более 60%; содержание суммы углекислых кальция и магния — не менее 85%. Объемный вес 1,5.

Применяют удобрение для известкования кислых почв в дозе 1,65—3 т/га. При этом почва обогащается магнием в количестве, достаточном для питания растений в течение одной-двух ротаций севооборота.

Доломитовую муку перевозят навалом любыми видами транспорта.

Полуобожженный доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$) — продукт обжига доломита. Содержит около 27% MgO , 2% CaO и 57% CaCO_3 . Магний этого удобрения хорошо доступен растениям. Используют его для известкования почв.

Окись магния — жженая магнезия (MgO) — получают при обжиге высокосортного магнезита. Продукт содержит не менее 89% MgO (ГОСТ 844—41).

Упаковывают его в бумажные многослойные мешки, которые помещают в мешки из прорезиненной ткани или другого водонепроницаемого материала, хранят в сухом помещении.

Из магнезита-сырца получают окись магния (магнезит каустический) трех классов с содержанием окиси магния соответственно не менее 87, 83 и 75%.

Перевозят навалом в крытых железнодорожных вагонах (ГОСТ 1216—41), хранят в сухом помещении.

Окись магния растворяется в воде и уменьшает кислотность почвы, но для известкования почв не рекомендуется, так как большое количество магния на песчаных почвах может вызвать кальциевое голодание.

Дунит — изверженная порода, состоит в основном из ортосиликата магния (MgSiO_4). Не растворяется в воде, но медленно разлагается под воздействием почвенной кислотности. Уменьшает кислотность почвы. Тонко-размолотый дунит — отход цветной промышленности — содержит 41—47% MgO .

Вермикулит (гидрослюда) содержит 14—30% MgO и до 5% K_2O . Небольшая часть магния (1,3—1,7% веса минерала) находится в обменном виде и доступна для растений, остальная часть разлагается под воздействием почвенной кислоты.

Серпентинит состоит в основном из метасиликата магния, нерастворимого в воде, с содержанием 32—43% MgO . Применяют его в тонкоизмельченном виде на кислых почвах.

Сульфат магния (эпсомит) содержит не менее 84% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ПТУ 56—61) и не более 6% NaCl . Получают его путем переработки природных солей, осажденных в заливе Кара-Богаз-Гол Каспийского моря. Удобрение содержит не менее 13,7% MgO , не слеживается, хорошо высевается.

Перевозят его в двойных тканевых мешках.

Эпсомит хорошо растворяется в воде, и при внесении в почву большая часть магния переходит в обменное состояние.

Аммошенит — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — двойная соль сульфата аммония и сульфата магния. Представляет собой кристаллический минерал от светло-коричневого до серого цвета. Применяется как азотно-магниевое удобрение; содержит не менее 7% N и 10% MgO (СТУ 36—13—621—61). В 1 л воды растворяется 18 г. Магний удобрения хорошо усваивается растениями.

Перевозят аммошенит в многослойных мешках с тремя бумажными слоями, пропитанными битумом.

Доломит-аммиачная селитра — механическая смесь доломитовой муки и аммиачной селитры в соотношении

(по весу) 1:1. Не подкисляет почву, содержит 17% N, 10% MgO и 14% CaO. В почву вносят по дозам азотных удобрений, что удовлетворяет потребность растений в магнии.

Калийно-магниевый концентрат, калимагнезия и калинит описаны в разделе «Калийные удобрения». Магний этих удобрений растворяется в воде и при смешивании с почвой переходит в основном в обменное состояние.

Магниевый плавленный фосфат описан в разделе «Фосфорные удобрения». Магний этого удобрения растворим в лимонной кислоте и хорошо усваивается растениями.

Общее содержание магния в различных почвах в значительной степени зависит от состава материнской породы. Почвы, образовавшиеся на материнских породах из песка, имеют мало магния (0,15—0,18%), а на суглинках и глинах — много (0,7—2,5%). Количество данного элемента в верхних горизонтах подзолистых почв на 30—70% ниже, чем в материнской породе.

Преобладающую часть магниевых соединений почвы (около 90—95%) составляют минералы — силикаты магния и алюмосиликаты, труднорастворимые в воде и плохо используемые растениями. Под воздействием углекислоты, корневых выделений, жизнедеятельности микроорганизмов и химических процессов, протекающих в почве, минералы разлагаются, и магний переходит в почвенный раствор. Однако этот процесс протекает очень медленно, и образующееся при этом незначительное количество обменного магния не может обеспечить потребность растений в данном элементе. Наблюдается и обратный процесс. Магний почвенного раствора может переходить в нерастворимые соединения, то есть происходит его фиксация. В районах достаточного увлажнения магний вымывается в грунтовые воды.

Основной источник магниевого питания растений — обменный магний — составляет около 5—10% общего его запаса в почве. Он находится в подвижном равновесии с магнием почвенного раствора. Почвы имеют различное количество обменного магния. Песчаные и супесчаные почвы нечерноземной зоны содержат 0,5—3,5 мг·экв (6—36 мг MgO) в 1 кг почвы, что составляет 30—180 кг MgO на 1 га пахотного слоя почвы. На этих почвах растения часто страдают от недостатка магния.

Бедны магнием также краснотемы и некоторые торфяные почвы, на которых растения часто испытывают магниевое голодание.

Содержание обменного магния значительно колеблется и в пределах одного типа почвы, поэтому отзывчивость растений на магниевые удобрения бывает неодинакова (табл. 41).

Таблица 41

Отзывчивость картофеля на магниевые удобрения на песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почвах (по данным К. П. Магницкого)

Степень отзывчивости	Количество Mg, мг на 1 кг почвы (КСI-вытяжка)	Обменная кислотность	
		мг · экв на 100 г почвы	CaCO ₃ , ц га
Сильная	6	1,2	18
	4	1,0	15
Умеренная	4—10	1,0	15
	4—6	1,0	15
Слабая	10—12	1,0	15
	5—10	0,5	8

Примечание. Приведенные показатели разработаны для получения высоких урожаев картофеля при внесении в почву сульфата аммония или аммиачной селитры. Применение нитратной формы азотных удобрений, известкование почв и использование навоза будут снижать, а увеличение дозы калийных удобрений повышать отзывчивость растений к магниевым удобрениям.

Потребность растений в магнии зависит от вида культуры и урожая. Много магния выносят из почвы сахарная и кормовая свекла (60—70 кг), картофель (40—60 кг MgO с 1 га), мало — зерновые культуры (10—14 кг) и злаковые травы (10—12 кг MgO с 1 га). Промежуточное место по выносу магния занимают люпин (20—40 кг) и бобовые травы (33—49 кг).

В зависимости от севооборота с урожаями выносятся до 16—47 кг MgO с 1 га, а с применением навоза (4—8 т/га) — только 6—12 кг MgO.

Таким образом, на легких почвах, бедных магнием, растения часто испытывают магниевое голодание. При

использовании минеральных удобрений, не содержащих магния, потребность растений в данном элементе усиливается.

Поглощение магния растениями из почвы зависит от количества других ионов в почвенном растворе. При значительном преобладании одного или нескольких катионов — калия, аммония, натрия и кальция ослабляется поступление магния в растения. Влияние одновалентных катионов проявляется сильнее, чем двухвалентного кальция. Натрий уменьшает поглощение магния натриеволюбивыми культурами — свеклой, капустой, ячменем, люпином, льном и др.

Кислая реакция почвы и накопление в почвенном растворе алюминия и марганца также сильно ослабляют поглощение магния. Питание растений нитратным азотом, наоборот, способствует усвоению магния из почвы.

На песчаных и супесчаных почвах нечерноземной зоны, на красноземах внесение магниевых удобрений должно быть обязательным агротехническим мероприятием. На песчаных и супесчаных почвах доза магния 20—40 кг на 1 га в среднем на одно поле севооборота.

Чем меньше количество магния в почве и чем кислее почва, тем больше должна быть доза магниевых удобрений. На кислых почвах, если не вносят навоз, растворимые магниевые удобрения нужно применять ежегодно. На почвах с реакцией, близкой к нейтральной, магний вымывается слабо и его используют под культуры, требовательные к магнию с учетом места внесения навоза.

При известковании почвы карбонатными материалами, содержащими магний, растения полностью обеспечиваются данным питательным веществом на одну-две ротации севооборота. Дунит и другие силикаты магния на кислых почвах следует вносить в повышенных дозах (5—10 ц/га) под вспашку.

Калимагнезия, калийно-магниевый концентрат, калийная соль на каините, внесенные по дозам калийных удобрений, обеспечивают одновременно и полную потребность растений в магнии. Под свеклу и другие натриеволюбивые культуры в качестве калийных удобрений применяют каинит и калийную соль на этой породе. В этом случае растения будут обеспечены калием, магнием, натрием и серой.

Все растворимые удобрения лучше вносить при весенней обработке почв. В районах с обильными осадками или при орошении на легкопромываемых почвах малорастворимые магнийсодержащие удобрения (доломит, дунит и др.) имеют преимущество перед удобрениями, растворимыми в воде.

При использовании магниевых удобрений на лугах и пастбищах повышается продуктивность этих угодий, корма обогащаются магнием. С этой точки зрения следует рассматривать и внесение магниевых удобрений под овощные, плодово-ягодные культуры и картофель.

Если магниевые удобрения не были внесены перед посевом, а также когда обнаружено магниевое голодание, проводят подкормку. В этом случае используют только растворимые в воде магниевые удобрения и вносят их растениепитателями по возможности ближе к корням. При подкормке дают около $1/2$ дозы основного удобрения. При раннем внесении и сильном голодании применяют полные дозы.

СЕРНЫЕ

Во всех почвах СССР достаточно серы для получения высоких урожаев. Серу вносят с суперфосфатом, сульфатом калия и другими удобрениями, в состав которых входит сера. На посевах клевера, люцерны применение гипса и элементарной серы дает дополнительные прибавки урожая. Следует иметь в виду, что хорошим источником серы для питания растений служит атмосфера. Например, в Подмоскowie за вегетационный период выпадает с осадками 30—60 кг/га серы. Это превышает среднюю норму внесения серы с сульфатом калия (20 кг/га). В среднем считается, что при выпадении с осадками серы более 10—15 кг/га в год растения обеспечены этим элементом.

Установлено, что на дерново-подзолистой почве реакция культур на недостаток серы убывает в ряду: крестоцветные — бобовые — злаки.

В начальный период развития крестоцветные раньше и в большей степени страдают от недостатка серы по сравнению со злаковыми и бобовыми культурами.

Недостаток серы выражается в снижении нарастания

сухой массы, замедлении темпа наступления фаз онтогенеза, отставании созревания культур, образовании светло-зеленых хлоротичных молодых листьев. Кроме того, недостаток серы отрицательно сказывается на образовании репродуктивных органов.

Высокие дозы серы снижают урожай зерна более всего у злаковых, незначительно — у бобовых и крестоцветных. В начальный период развития высокие дозы серы отрицательно влияют на крестоцветные и бобовые.

Растения семейств бобовых и крестоцветных не испытывают недостатка в сере при содержании в почве сульфатов более 11—14 мг/кг, злаковых — более 7 мг/кг. При содержании в почве сульфатов выше 40 мг/кг внесение серных удобрений не только не повышает урожай, но в некоторых случаях приводит к его снижению.

ЖЕЛЕЗНЫЕ

Железо необходимо для сельскохозяйственных культур в весьма ограниченных количествах. С урожаем растения вносят от 0,6 до 9 кг/га железа.

Чаще всего недостаток железа ощущают растения, которые возделывают на карбонатных (в первую очередь на виноградниках) и сильно известкованных почвах, где мало подвижных форм железа.

К удобрениям, содержащим железо, относятся железный купорос и хелаты железа.

Железный купорос ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) содержит 47—53% сернокислой закиси железа. Это крупное или мелкокристаллическое вещество серого цвета с белым, а иногда с желтым или бурым налетом, хорошо растворимое в воде.

Растения опрыскивают 0,05—0,5%-ным раствором железного купороса. При обработке растений в период покоя применяют 3—10%-ные растворы. При внесении железного купороса в почву, для предотвращения перехода железа в недоступное для растений состояние, его смешивают с компостом или торфом (1—3 кг на 100 кг компоста). Такую смесь лучше вносить местно (очагами), чтобы не было большого контакта с почвой.

Хелаты железа — соединения железа с органическими веществами, из которых оно хорошо усваивается

растениями и не поглощается почвой. В качестве хелатов применяют комплексы железа с диэтиленetriаминпентауксусной (Fe-ДТПУ) и полиэтиленполиаминполиуксусной (Fe-ПППУ) кислотами.

Соединения представляют растворы коричневого цвета с удельным весом 1,0—1,3. В первом препарате комплекса содержится 10—12% Fe-ДТПУ, а во втором — 7—10% Fe-ПППУ. Эти препараты используют для внекорневой подкормки растений, особенно плодовых, страдающих хлорозом. Рекомендуется применять 0,15—0,50%-ный раствор железного комплекса в утреннее или вечернее время. На одно плодовое дерево расходуют 5—12 л в зависимости от его возраста. Растворы готовят в стеклянной, деревянной или железной таре.

МИКРОУДОБРЕНИЯ

В различных почвах содержание доступных растениям микроэлементов неодинаково. Потребность отдельных сельскохозяйственных культур в этих веществах различна. На хорошо окультуренных и систематически удобряемых навозом почвах не требуется внесения микроэлементов.

При недостатке усвояемых форм микроэлементов в почвах растения дают низкий и плохого качества урожай.

Недостаток микроэлементов в почве вызывает заболевания растений: бактериоз льна, сердцевинная гниль и дуплистость свеклы, пробковая пятнистость яблок, пустозерность злаков, серая пятнистость овса, розеточная болезнь плодовых. В этом случае применение соответствующих микроудобрений эффективно. Они не только полностью устраняют заболевания растений, но и резко увеличивают их продуктивность.

Однако микроудобрения не могут заменить обычных азотных, фосфорных и калийных удобрений. Более того, потребность в них проявляется у растений только при достаточной обеспеченности азотом, фосфором и калием.

Борные

Бор весьма важный элемент для жизнедеятельности всех растительных организмов. Однако количество его в различных растениях неодинаково и колеблется от 2 до

100 мг/кг сухого веса. Наиболее богаты бором цветки, листья и корни; меньше всего его в стеблях. Содержание бора в отдельных сельскохозяйственных культурах приводится в таблице 42.

Т а б л и ц а 42

Содержание бора в урожаях отдельных сельскохозяйственных культур
(по данным М. В. Катыльмова)

Культура	Содержание бора, мг/кг сухого веса	Содержание бора в урожае, г/га
Зерновые-колосовые:		
зерно	4,7	21—41
солома	8,5	
Клевер (сено)	20,5	41—82
Кукуруза (зеленая масса)	5,2	32—67
Лен:		
семена	22,6	47—94
соломка	19,7	
Картофель:		
клубни	10,7	70—140
ботва	20,1	
Сахарная свекла		
корни	44,6	136—272
листья	45,9	

В зерновых культурах и кукурузе бора очень мало, большое количество его накапливается в листьях свеклы, в клевере и ботве картофеля.

В пахотном слое различных почв находятся неодинаковые количества общего и водорастворимого легкоусвояемого растениями бора (табл. 43).

В среднем содержание водорастворимого бора в почвах составляет от 3 до 10% общего его количества. Меньше всего водорастворимого бора в почвах тундры, некоторых торфяных и дерново-подзолистых. На этих почвах в первую очередь применяют борные удобрения.

При известковании дерново-подзолистых и других кислых почв потребность растений в борных удобрениях

ях возрастает и эффективность их увеличивается. Борные удобрения положительно влияют на выщелоченных и предкавказских карбонатных черноземах, сероземах и др. На мощных черноземах, засоленных и некоторых других почвах, содержащих значительное количество водорастворимых соединений бора, действие борных удобрений заметно снижается.

Таблица 43

Количество бора в различных почвах, мг/кг
(по данным М. В. Катыльмова)

Почва	Бор общий	Бор водораствори- мый (усвояемый растениями)
Тундры	1—2	Следы — 0,1
Дерново-подзолистая	2—5	0,05—0,6
Серая лесная	3—9	0,3—0,9
Чернозем	4—12	0,5—1,8
Каштановая	5—15	0,6—1,5
Серозем	20—80	0,4—5,0
Засоленная (солонцы и со- лончаки)	20—120	0,9—4,0
Краснозем	2—5	0,2—0,5
Торфяная (разных типов)	1—10	0,05—2,5

Тяжелые глинистые и суглинистые почвы богаче бором, чем легкие песчаные и супесчаные. В хорошо удобрённых почвах бора больше, чем в почвах, получающих недостаточное количество органических удобрений.

При улучшении борного питания ускоряется развитие растений: они раньше зацветают и образуют семена. Это имеет существенное значение для северных районов страны. При внесении борных удобрений улучшается качество овощей, ягод и плодов, повышается количество витаминов в них, в частности витамина С, сахаристость, вкусовые качества, а также устойчивость к загниванию при хранении.

Различные растения усваивают от 20 до 250 г/га бора. Наиболее отзывчивы на борные удобрения сахарная и кормовая свекла, люцерна и клевер (семенные посевы), плодово-ягодные растения (особенно яблоня), многие овощные культуры, лен (увеличивается урожай

семян и волокна, повышается устойчивость растений к заболеванию бактериозом), подсолнечник (возрастает урожай семян и содержание жира в них), эфирномасличные, конопля (на торфянистых почвах), хлопчатник (в условиях орошения).

Эффективно совместное внесение борных и молибденовых удобрений под бобовые (семенные посевы).

Борные удобрения рекомендуется вносить следующими дозами (кг/га бора):

Для сахарной и кормовой свеклы, семенных посевов клевера, люцерны и овощных культур	0,8—1,1
Для льна-долгунца	0,4—0,6
Для плодово-ягодных культур	0,5—0,8

Земляника и огурцы чувствительны к повышенным дозам борных удобрений. Поэтому под эти культуры не рекомендуется вносить более 0,5 кг/га бора.

Борные удобрения вносят в почву до посева. В некоторых случаях водорастворимые борные удобрения — борную кислоту и борамагнийсульфат можно применять для внекорневой подкормки вегетирующих растений.

При этом дозы удобрения уменьшают в 2—3 раза. Для опрыскивания используют тракторные, конные и ручные опрыскиватели, а также самолеты.

Борный суперфосфат получают путем добавления борной кислоты к простому суперфосфату. Соотношение бора и фосфора в нем может быть различным в зависимости от особенностей удобряемой культуры и свойств почвы. Содержание бора в борном суперфосфате колеблется от 0,1 до 0,3%.

Борный суперфосфат грузят навалом в закрытые вагоны или в многослойные мешки из крафт-бумаги, как обычный суперфосфат.

Борная кислота (H_3BO_3) — концентрированная и транспортабельная форма борного удобрения, содержащая 17% бора.

Перспективно изготовление и применение многосторонних сложных и смешанных удобрений с добавкой бора. В качестве борсодержащего компонента при их изготовлении следует использовать борную кислоту, как наиболее концентрированную и универсальную, пригодную для различных способов применения.

Бормагнийсульфат является отходом промышленно-сти при производстве борной кислоты, содержит бор в водорастворимой форме — борат кальция ($\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) и некоторые сырые борные руды (гидроборацитовая).

Борные удобрения обычно вносят в почву перед посевом в смеси с другими минеральными удобрениями или отдельно. Водорастворимые формы его можно применять и для подкормки растений в период их роста и предпосевной обработки семян.

Молибденовые

Содержание молибдена в почвах колеблется от 1,5 до 12 мк/кг почвы. Довольно бедны молибденом песчаные, железистые почвы. Количество в них подвижных форм молибдена составляет 0,05—0,20 мг/га.

В растениях молибден находится в тысячных и десятитысячных долях процента на сухое вещество. Более богаты им семена растений, особенно бобовых, а также их клубеньки, мелкие корни и листья.

Наиболее чувствительны к недостатку молибдена люцерна, клевер и другие бобовые травы, зернобобовые культуры, а также капуста цветная и кочанная, салат, шпинат, томаты.

Потребность растений в молибденовых удобрениях обычно проявляется на кислых почвах, имеющих рН ниже 5,2, а при недостатке молибдена в почве — при более высоком значении рН. При внесении извести увеличивается подвижность молибдена в почве и поступление его в растения и тем самым уменьшается или полностью устраняется потребность растений в молибденовых удобрениях.

При использовании молибденовых удобрений повышается урожай, улучшается и его качество: увеличивается содержание белковых веществ, витаминов.

Основными формами молибденовых удобрений являются молибдат аммония, молибдат аммония-натрия.

Молибдат аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — мелкокристаллический порошок белого или светло-серого цвета, растворим в воде, содержит около 50% молибдена.

Удобрения упаковывают в двойные марлевые мешки,

вложенные в фанерные барабаны или плотные деревянные ящики.

Молибдат аммония-натрия выпускается в виде порошка, содержащего 35—36% молибдена и некоторое количество соды. При растворении этого удобрения в воде остается некоторый осадок, однако молибден полностью переходит в раствор.

Удобрение упаковывают в мешки из крафт-бумаги, вложенные в фанерные или металлические барабаны, или плотные деревянные ящики.

Молибденовые удобрения применяют на значительных площадях в основном под зернобобовые культуры и бобовые травы на кислых дерново-подзолистых почвах и серых лесных суглинках.

Наиболее эффективный и перспективный способ использования молибденовых удобрений под бобовые культуры — предпосевная обработка семян небольшим количеством раствора молибдата аммония или молибдата аммония-натрия (25 г/га молибдена). Указанное количество молибдена содержится в 50 г молибдата аммония или 80 г молибдата аммония-натрия. Эту дозу соли растворяют в небольшом количестве воды, приготовленным раствором опрыскивают (смачивают) семена за несколько дней до посева. Предпосевную обработку семян молибденом можно проводить одновременно с опудриванием их смесью протравителя и сухого порошка молибдата. При этом дозу молибдена увеличивают в 1,5—2 раза.

Молибденовые удобрения целесообразно использовать для внекорневой подкормки. Опрыскивают растения во время их роста 0,02%-ным раствором молибдена аммония или другой растворимой соли (50—100 г/га элемента). Примерно такое же количество молибдена применяют в виде молибденового гранулированного суперфосфата при внесении его в рядки вместе с семенами. Молибден под бобовые культуры вносят на фоне фосфорно-калийного удобрения.

Медные

Количество меди в различных растениях колеблется от 3 до 15 мг/га сухого вещества. Очень много меди содержится в пшеничных отрубях (около 160 мг/га),

овошах (от 0,5 до 7 мг/га сухого вещества). Урожайми различных сельскохозяйственных культур потребляется следующее количество меди:

При урожае зерновых хлебов	12,5—25 ц/га	15—30 г
» клевера (сено)	20—40 »	25—30 »
» корнеплодов		
»	250—500 »	40—80 »

В 1 кг различных почв содержится от 1,5 до 100 мг меди. Особенно бедны этим микроэлементом торфяные почвы (2—8 мг на 1 кг сухого торфа). Кроме того, в торфяных почвах значительная часть меди прочно связана с органическим веществом и находится в труднодоступной для растений форме. Поэтому именно на почвах данного типа чаще всего наблюдаются медное голодание растений и резко выраженная потребность их в медных удобрениях. Положительное действие медных удобрений на песчаных, дерново-глеевых и гравийных почвах проявляется слабее, чем на торфянистых.

В качестве медных удобрений применяют пиритные огарки и сульфат меди, а также некоторые другие медьсодержащие отходы промышленности.

Пиритные (колчеданные) огарки — рассыпчатый порошок темного цвета, являющийся отходом в процессе обжига сернистого сырья. Содержит 0,3—0,5% меди и небольшие количества других микроэлементов (цинк, кобальт, молибден). Это удобрение перевозят навалом в открытых вагонах. Используют его на осушенных торфянисто-болотных малозольных почвах низинного типа, на железисто-карбонатных торфянистых и др.

Пиритные огарки вносят в почву из расчета 5—6 ц/га один раз в пять-шесть лет. Наиболее отзывчивы на это удобрение яровая и озимая пшеница, ячмень, овес (белые сорта), канатник, конопля, подсолнечник, сахарная свекла, горох, тимopheевка и другие злаковые травы. Пиритные огарки не дают прибавки урожая озимой и яровой ржи, картофеля и капусты.

Сульфат меди (медный купорос) ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) — кристаллический порошок серо-голубого цвета, хорошо растворимый в воде, содержит около 23% меди.

Применяют его при допосевном внесении в почву для подкормки растений и предпосевной обработки се-

мян из расчета 10—15 кг/га один раз в пять-шесть лет. Вносят на тех же почвах и под те же культуры, что и пиритные огарки. Внекорневую подкормку растений проводят 0,02—0,05 %-ным раствором сульфата меди.

Марганцевые

Потребность растений в марганцевых удобрениях чаще всего проявляется на карбонатных и других почвах, имеющих реакцию, близкую к нейтральной, преимущественно легкого механического состава, а также на торфянистых.

С урожаями сельскохозяйственных культур марганца выносятся от 100 до 700 г/га почвы.

Марганцевые удобрения увеличивают урожайность сахарной свеклы, хлопка-сырца.

Марганцевые удобрения эффективны как при внесении их в почву, так и при внекорневой подкормке растений. В настоящее время эти удобрения применяют на значительных площадях, главным образом на Украине.

В качестве марганцевых удобрений используют марганцевый суперфосфат, сульфат марганца и некоторые отходы промышленности, содержащие этот элемент.

Марганцевый суперфосфат содержит 17—18% P_2O_5 и около 2—3% Mn и является фосфорно-марганцевым удобрением. Вносят его из расчета 0,5—2 ц/га при потребности растений в фосфоре и марганце. Перевозят удобрение навалом в закрытых вагонах.

Сульфат марганца ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$) — кристаллический порошок белого или светло-серого цвета, хорошо растворимый в воде. Содержит около 21—22% марганца.

Применяют при допосевном внесении в почву, для подкормки растений, предпосевной обработки семян.

Для внекорневой подкормки растений используют 0,05—0,1 %-ный раствор сульфата марганца. Вместо сульфата марганца можно применять хлорид марганца ($MnCl_2 \cdot 4H_2O$).

Марганец содержат томасшлак, древесная зола, торф и навоз.

Цинковые

С урожаями сельскохозяйственных культур из почвы выносятся от 50 до 200 г/га цинка. На кислых дерново-подзолистых почвах растения потребляют значительно большее количество (до 2 кг/га) данного микроэлемента, чем на черноземах.

Поступление цинка в растения и, следовательно, вынос его с урожаями зависит от биологических особенностей растений и количества данного микроэлемента в почве. Меньше всего подвижного цинка содержится в карбонатных почвах, имеющих реакцию, близкую к нейтральной. В кислых почвах этот микроэлемент более подвижен, чем в нейтральных и слабощелочных. Недостаток цинка часто наблюдается на песчаных, супесчаных и гравийных почвах, отличающихся низким содержанием этого элемента, на карбонатных и почвах, имеющих большое количество медленно разлагающегося органического вещества, на некоторых вновь осваиваемых малоплодородных и старых выпашанных.

К цинковым удобрениям относятся: сульфат цинка ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), окись цинка (ZnO), полимикродобрение (ПМУ-7) и отходы промышленности, содержащие цинк в усвояемой для растений форме.

Применяют их при допосевном внесении в почву, а также для предпосевной обработки семян, внекорневой подкормки растений (водорастворимые формы). Для внесения до посева берут 3—5 кг/га цинка. При цинковой недостаточности листья растений опрыскивают 0,05—0,1%-ным раствором сульфата цинка, а в период покоя (в безлиственном состоянии) концентрацию раствора увеличивают до 2—5%.

Для посева семена кукурузы смачивают 0,1%-ным раствором сульфата цинка или опудривают цинкосодержащим полимикродобрением (ПМУ-7) из расчета 0,4 кг/ц семян.

Кобальтовые

Дерново-подзолистые и кислые торфянистые почвы содержат незначительное количество кобальта (от 1 до 15 мг/кг). Количество кобальта в растениях колеблется от 0,01 до 0,6 мг/кг сухого веса.

Содержание этого микроэлемента в растениях зависит от наличия растворимых его соединений в почве. Недостаток усвояемого кобальта в некоторых почвах (менее 2—2,5 мг/кг) приводит к уменьшению его количества в растениях. При пониженном содержании кобальта в кормах (менее 0,07 мг/кг сухого веса) резко снижается продуктивность сельскохозяйственных животных, уменьшается прирост живого веса, сокращаются удои молока. Кобальтовое голодание может вызвать в дальнейшем тяжелое заболевание скота, называемое сухоткой, от которой страдают крупный рогатый скот, овцы, козы, особенно молодняк. При этом задерживается рост, теряется аппетит, наступает общая слабость; шерсть животных становится грубой и жесткой; содержание гемоглобина в крови понижается.

Чтобы предупредить заболевание и излечить больных животных, необходимо добавлять соли этого микроэлемента в корма или вносить в почву кобальтовые удобрения (около 100—200 г/га кобальта в форме хлористой или сернокислой соли). Для предупреждения заболевания животных в местностях, где болезнь распространена, следует давать коровам 10—15 мг хлористого кобальта в сутки, свиньям и молодняку крупного рогатого скота 5—7 мг, а овцам и козам 1,5—2,5 мг.

Кобальтовые удобрения рекомендуется вносить в почву под посевы люцерны, сои, клевера, льна, сахарной свеклы, конопли, ячменя, озимой ржи.

Йодные и бромные

Количество йода в почве колеблется от 0,2 до 40 мг/кг (в среднем около 5 мг/кг). Дерново-подзолистые почвы, особенно песчаные, супесчаные и серые лесные, отличаются наименьшим содержанием йода.

Йодные и бромные удобрения положительно действуют на рост урожая и качество отдельных сельскохозяйственных культур. Опрыскивание и окуливание йодом и бромом плодовых растений и ягодников повышает их урожай и качество (табл. 44).

Действие йода и брома на урожай плодов яблонь
(по данным В. Ф. Портянко)

Удобрение	Плоды яблонь Пепин литов- ский, ц/га	Содержание сухого вещества, мг г		Сахар, % на сухой вес
		I ₂	Br ₂	
Без удобрений	67,6	1,9	4,8	24,0
Опрыскивание KI	73,4	3,1	—	28,5
» I ₂	73,5	2,9	—	27,6
» KBr	76,5	—	8,2	25,6
» Br ₂	71,7	—	7,5	26,0

Примечание. Опрыскивание проводили 0,02%-ным раствором KI и KBr и 0,015%-ным раствором I₂ и Br₂.

КОМПЛЕКСНЫЕ

Биологические особенности отдельных сельскохозяйственных культур, почв и агротехнических фонов определяют необходимость применения удобрений с разнообразным соотношением — двух, трех и более питательных веществ — азота, фосфора, калия, магния, а также отдельных микроэлементов. Такие удобрения называются комплексными.

Комплексные удобрения подразделяют на двойные (фосфорно-калийные, азотно-фосфорные, азотно-калийные) и тройные (азотно-фосфорно-калийные). По способу производства их можно разделить на сложные, сложно-смешанные и смешанные удобрения.

Сложные удобрения получают при химическом взаимодействии исходных компонентов, в качестве которых используют аммиак, фосфорную, азотную и серную кислоты, плав нитрата аммония, фосфорит или апатит и калийные; сложно-смешанные — при взаимодействии готовых односторонних удобрений (двойной или простой суперфосфат, аммиачная селитра) с фосфорной или серной кислотой, с последующей аммонизацией смеси

аммиакатами и ее грануляцией; тукосмеси или смешанные — путем механического смешения готовых удобрений.

Кроме того, комплексные удобрения разделяются на твердые и жидкие, последние относятся главным образом к сложным и называются сложными жидкими удобрениями (СЖУ).

СЛОЖНЫЕ

Сложные удобрения получают на основе азотнокислого разложения фосфатного сырья (апатита или фосфорита) и фосфатов аммония. Возможны и другие методы получения сложных удобрений, таких, как нитрат калия, метафосфат калия, магнийаммонийфосфат.

Сложные удобрения, производство которых основано на азотнокислом разложении апатита или фосфорита, называются нитрофосфатами. Тройные удобрения, в состав которых входит калий, называются нитрофосками, а двойные без калия — нитрофосами.

Схемы получения сложных удобрений при переработке природных фосфатов азотной кислотой различаются способом выделения из раствора избыточного кальция.

Производство нитрофоски со связыванием избытка кальция сульфатом аммония (сульфатная схема). По этой схеме раствор нитрата кальция и фосфорной кислоты обрабатывают раствором сульфата аммония. В зависимости от количества сульфата аммония продукт получают с различным содержанием водорастворимой P_2O_5 . Чтобы иметь тройное удобрение, в смесь добавляют хлористый калий.

Производство нитрофоски со связыванием избытка кальция серной кислотой (сернокислотная схема). При связывании избытка кальция серной кислотой в процессе азотнокислого разложения фосфатов и последующей обработки получающегося раствора аммиаком образуется пульпа, которая после смешивания с хлористым калием перерабатывается в готовый продукт — нитрофоску. Избыток кальция, связанный серной кислотой, находится в удобрении в виде балластной примеси — сульфата кальция.

Нитрофоска, получаемая по этому способу, содержит около 35% питательных веществ. Этот способ дает

возможность изменять их соотношение в довольно широких пределах и позволяет выпускать продукт, в котором до 50% P_2O_5 находится в водорастворимой форме. Недостаток способа — необходимость расхода серной кислоты на образование балластной примеси.

Производство нитрофоски со связыванием избытка кальция фосфорной кислотой (фосфорная схема). Фосфаты по этой схеме разлагают смесью азотной и фосфорной кислот; можно применять термическую и экстракционную фосфорную кислоту. Раствор нейтрализуют аммиаком в две стадии с промежуточной упаркой. К упаренной пульпе добавляют хлористый калий и продукт подвергают грануляции, сушке, рассеву и дроблению. При взаимодействии кальция с фосфорной кислотой образуется дикальцийфосфат, который остается в удобрении.

Этим способом получают безбалластное сложное удобрение — нитрофоску с содержанием 50% питательных веществ. Он дает возможность изменять их соотношение и вырабатывать продукт, в котором до 50% P_2O_5 находится в водорастворимой форме. Однако производство нитрофоски по этому способу очень дорогое.

В настоящее время получают следующие марки нитрофосфатов (табл. 45).

Таблица 45

Характеристика нитрофосфатов

Наименование марки нитрофосфатов	N, %	Усвояе- мая кислота P_2O_5 , %	Отношение водораство- римой кислоты P_2O_5 к ус- вояемой P_2O_5 , % не менее	K_2O , %
Нитрофос марка А	23,5	17	50	—
Нитрофос марка Б	24	14	50	—
Нитрофоски марка А (16:16:13)	16—17	16—17	55	13—14
Нитрофоски марка Б (13:16:13)	12,5—13,5	8,5—9,5	55	12,5—13,5
Нитрофоски марка В (12:12:12)	11—12	10—11	55	11—12

Нитрофоски выпускают с размером частиц 1—4 мм. Гранулы достаточно прочные и при кондиционировании их путем добавления небольших количеств минеральных масел и припудривания кизельгуром, тальком или тонкоразмолотым известняком не слеживаются при перевозке и хранении. Объемный вес нитрофоски 1,0. Нитрофоску упаковывают в бумажные пятислойные мешки, из которых три слоя пропитаны битумом, весом 45—50 кг.

Сложные удобрения на основе фосфатов аммония получают путем нейтрализации фосфорной и азотной кислот аммиаком. При таком производстве получают сложные удобрения с высоким содержанием питательных веществ (50—60%) и водорастворимого фосфора 90—100%.

Сложное удобрение, получаемое на основе моноаммонийфосфата, называется нитроаммофосом, при введении калия — нитроаммофоской, а сложное удобрение — на основе диаммонийфосфата — соответственно диаммонитрофосом и диаммонитрофоской. При этом имеется возможность получать сложные удобрения с разнообразным соотношением азота, фосфора и калия.

Характеристика отдельных сложных удобрений на базе аммонийфосфатов приведена в таблице 46.

Карбоаммофоска содержит азот в амидной и аммиачной формах, фосфор в водорастворимой и калий.

Карбоаммофоску получают из фосфорной кислоты, продуктов ее синтеза и солей калия. Она может содержать до 60% питательных веществ, в том числе до 20% азота, 20% P_2O_5 и до 20% K_2O . Это — марка с соотношением 1:1:1. Выпускается также карбоаммофоска состава 1,5:1:1, 2:1:1 и 1:1,5:1.

Без добавления калия получается удобрение карбоаммофос, содержащее до 60% питательных веществ (до 30% азота и до 30% P_2O_5). Соотношение азота и фосфора может быть такое, как и в карбоаммофоске.

Сложные удобрения — нитрофосфаты на основе аммофоса и карбоаммофосфаты — выпускают в гранулированном виде с размером гранул 1—3 (4) мм. Они обладают хорошими физико-химическими свойствами.

Основные марки этих удобрений, которые поставляются в настоящее время для сельского хозяйства, представлены в таблице 47.

Характеристика сложных удобрений

Удобрение	Содержание питательных веществ, %			Соотношение питательных веществ
	N	P ₂ O ₅ (усвояемой)	K ₂ O	
Нитроаммо-фоска	17,5	17,5	17,5	1:1:1
	18	15	18	1:0,8:1
	15	15	23	1:1:1,5
	13	19,5	19,5	1:1,5:1,5
	13	26	13	1:2:1
	10,5	21	21	1:2:2
	17	17	17	1:1:1
	17,5	14,2	17,7	1:0,8:1
	20,5	20,5	10,2	1:1:0,5
	14,8	14,8	22,2	1:1:1,5
	18	15	18	1:0,8:1
	11,5	23	23	1:2:2
	15	22,5	15	1:1,5:1
	14	21	21	1:1,5:1,5
	13,5	27	13,5	1:2:1
Диаммонитро-фоски	12	18	24	1:1,5:2
	17,5	17,5	17,5	1:1:1
	15,5	15,5	23,4	1:1:1,5
	14,7	22	22	1:1,5:1,5
	21,3	21,3	10,7	1:1:0,5
	16,9	25,2	16,9	1:1,5:1
	14,4	35,7	14,4	1:2,5:1
	12	24	24	1:2:2

При разложении апатита серной кислотой в присутствии хлористого калия получают фосфорно-калийные удобрения. К ним относится: суперфоска и концентрированная суперфоска.

В зависимости от сорта суперфоска содержит 11—16% усвояемой кислоты, а концентрированная суперфоска — 18—27%, калия в I сорте — 12—21%, во II — 23—33%. Содержание свободной кислоты составляет не более 5%, а влажность этих удобрений — 13—14%. Выпускаются они в виде порошка. Используют для основного внесения.

Сложные концентрированные удобрения получают на основе суперфосфорной кислоты (75—80% P₂O₅ —

смесь орто- и полифосфорных кислот) — полифосфаты; на основе метафосфорной — метафосфаты.

Таблица 47

Марки сложных удобрений

Удобрение	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
Нитроаммофос:			
марка А (1:1)	23,0	23,0	—
марка Б (1:1,5)	16,0	24,0	—
марка В (1:0,8)	25,0	20,0	—
Нитроаммофоска сорт I (сумма NPK 50%)	16,0	16,0	18
Нитроаммофоска сорт II (сумма NPK 44%)	14,0	14,0	16
Карбоаммофос	30	30	—
Карбоаммофоска	20	20	20

Полифосфат аммония содержит 16—18% азота и 58—61% водорастворимой P₂O₅. Это удобрение обладает хорошими физическими свойствами. Используется для непосредственного внесения под все культуры, а также является хорошим компонентом для тукосмесей и приготовления жидких сложных удобрений.

Полифосфат калия содержит 48% P₂O₅ (количество водорастворимой пятиокси фосфора составляет 68% и цитратнорастворимой — до 10%, K₂O — 26%). Это удобрение получают при взаимодействии суперфосфорной кислоты с хлористым калием.

Метафосфат аммония (NH₄PO₃) содержит до 80% P₂O₅. Особенностью его является то, что значительная часть азота и фосфора (40—60%) трудно растворяется в воде, хорошо — в 2%-ной лимонной кислоте.

Метафосфат калия (KPO₃) содержит 60% P₂O₅ и 40% K₂O. Не растворяется в воде, растворяется в 2%-ной лимонной кислоте.

Метафосфаты аммония и калия выпускаются в виде порошков. При внесении в почву фосфор полифосфатов в процессе гидролиза переходит в ортофосфаты, доступные растениям. О действии полифосфатов и метафосфатов можно судить по данным таблицы 48.

Тройные сложные удобрения, например нитрофоски, содержащие менее 50—60% водорастворимого фосфора от усвояемого, при основном и локальном внесении на дерново-подзолистых, серых лесных почвах обеспечивают высокие прибавки урожая озимых и яровых зерновых, сахарной свеклы и картофеля, близкие к прибавкам от эквивалентных смесей простых туков; при использовании бесхлорной нитрофоски прибавки урожая были выше, чем по эквивалентным смесям.

Агрономическая эффективность сложных удобрений зависит от содержания в них водорастворимого фосфора. Менее эффективны сложные удобрения с содержанием менее 50% P_2O_5 в водорастворимой форме. Карбонатные нитрофоски, не содержащие водорастворимого фосфора, значительно уступают другим видам удобрений. Таким образом, сложные удобрения должны содержать в своем составе значительное количество водорастворимого фосфора.

Таблица 48

Действие различных форм полифосфорных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы (дерново-подзолистая почва), ц/га

Форма фосфорных удобрений	Дозы внесения фосфорных удобрений, кг/га P_2O_5					
	30		60		90	
	урожай, ц/га	прибавка	урожай, ц/га	прибавка	урожай, ц/га*	прибавка
Фон НК	25,3	—	25,3	—	25,3	—
Рс	27,6	2,3	29,0	4,7	31,7	6,4
Метафосфат калия	30,3	4,0	31,1	5,8	31,2	5,9
Метафосфат кальция	30,8	5,5	31,3	6,0	32,0	6,7
Полифосфат калия	28,9	3,6	29,8	4,5	31,4	6,1
Полифосфат аммония	31,0	5,7	31,3	6,0	32,3	7,0

Амиды фосфора — высококонцентрированные соединения, в которых сумма азота и P_2O_5 достигает 120—147%, то есть в 2 раза выше, чем в аммофосе и диаммофосе.

Триамид ортофосфорной кислоты содержит 75% P_2O_5 и 44% N.

Фосфонитриламид имеет 93% P_2O_5 и 54% N.

Азот и фосфор триамида ортофосфорной кислоты усваиваются растениями, по эффективности это соединение может приближаться к азотнокислому аммонии и моноаммонийфосфату.

ЖИДКИЕ СЛОЖНЫЕ

Жидкие сложные удобрения (ЖСУ) — это водные растворы питательных веществ — азота и фосфора или азота, фосфора и калия. В отдельные жидкие сложные удобрения входят и микроэлементы. В отличие от жидких азотных удобрений они не содержат свободного аммиака, поэтому их можно хранить и перевозить в негерметичных емкостях и поверхностно вносить на поля. Для приготовления жидких сложных удобрений используют аммиак, растворы азотных удобрений, фосфорную кислоту (орто- и полифосфорные кислоты), хлористый и сернокислый калий и соли микроэлементов.

Жидкие сложные удобрения можно получать на основе ортофосфорной и суперфосфорной кислот (табл. 49).

Таблица 49

Марки жидких сложных удобрений, получаемых на основе ортофосфорной кислоты

Соотношение N : P_2O_5 : K_2O	Марки ЖСУ	Сумма питательных веществ
1:3:0	8—24—0	32
1:3:1	6—18—6	30
1:3:3	3,5—10—10	23,5
1:1,5:1,5	6—9—9	24
1:2:2	5—10—10	25
1:2:1	7—14—7	28
1:1:0	15—15—0	30
1:1:1	9—9—9	27
1:1:2	5—5—10	20
2:1:2	10—5—10	25

На полифосфорных кислотах сумма питательных веществ может быть значительно выше. На основе полифосфорной кислоты получают марки 10—34—0. Однако следует отметить, что при получении ЖСУ с выравненным соотношением питательных элементов на основе полифосфорной кислоты или при уравнивании «базовых» растворов — 10—34—0, 11—37—0 — общая концентрация снижается до 27—28% и удобрение имеет состав 9—9—9.

Удельный вес этих удобрений составляет: марки 9—9—9—1,24; 10—34—0—1,35; 11—37—0—1,40. Это обеспечивает их высокую транспортабельность и производительность при механизированном внесении.

Основные жидкие сложные удобрения — 10—34—0 и 11—37—0. Это прочные, нейтральные жидкости. Азот содержится в аммиачной форме, а фосфор — в виде полифосфорной и ортофосфорной кислот.

Удобрения 10—34—0 и 11—37—0 получают в результате реакции суперфосфорной кислоты (около 80% P_2O_5) и аммиака в специальном реакторе.

В связи с тем что 10—34—0 и 11—37—0 содержит фосфор в значительной степени в полифосфорной форме, растворимость этого соединения выше, чем растворимость соединений, полученных на основе ортофосфорной кислоты. Это дает возможность широко использовать это удобрение для производства ЖСУ с высоким содержанием питательных веществ. Например, смешивание 11—37—0 с раствором мочевинонитрата аммония дает сложное удобрение состава 19—19—0, у которого идет выпадение осадка при температуре ниже 0°С. Смесь 11—37—0 с раствором мочевинонитрата аммония, хлористым калием и водой способствует получению жидкого сложного удобрения состава 7—21—7.

СУСПЕНЗИРОВАННЫЕ

Повышение концентрации питательных веществ в жидких сложных удобрениях ограничивается их кристаллизацией (выпадением твердой фазы) при данной температуре. Повысить концентрацию питательных веществ в жидких сложных удобрениях можно путем введения в них стабилизирующих добавок коллоидной

глины (10—22 кг/т). Эти удобрения называются суспензированными, или «СЛЭРИ».

Суспензированное удобрение состава 12—40—0 получают на основе жидкого удобрения 11—37—0, аммиака и фосфорной кислоты при добавлении глины. Оно представляет собой коллоидную суспензию и содержит 12% N и 40% P_2O_5 . Это базисное удобрение, так как на его основе можно готовить набор «СЛЭРИ» — солевых суспензий.

Удобрения 12—40—0 и 13—43—0 на основе электро-термической фосфорной кислоты (80% P_2O_5) и аммиака получают в специальном реакторе водяным охлаждением. Продукты из реактора поступают в смеситель, куда добавляют глину. Это нейтральные коллоидальные суспензии. При нормальной температуре 12—40—0 можно хранить несколько недель до выпадения осадка. Однако установлено, что соли, которые образуются при хранении, могут удерживаться в суспензии частицами глины.

СЛОЖНО-СМЕШАННЫЕ

Комплексные удобрения этой группы получают путем обработки готовых удобрений (аммофоса, диаммофоса и других удобрений) аммиаком, аммиакатом и кислотами (фосфорной и др.) с последующей грануляцией.

Сложно-смешанные удобрения имеют более однородный гранулометрический состав (1—3,2 мм 90%). Гранулы этих удобрений покрываются кондиционными добавками, что обеспечивает их хорошие физико-химические свойства.

Характеристика отдельных сложных смешанных удобрений, которые применяются в сельском хозяйстве, приведена в таблице 50.

СМЕШАННЫЕ (ТУКОСМЕСИ)

Для подготовки удобрений с необходимым соотношением питательных веществ большое значение имеют смешанные удобрения, которые получают путем механического смешения готовых односторонних и сложных удобрений.

**Содержание питательных веществ в разных марках
сложно-смешанных удобрений**

Марка удобрения	Содержание питательных веществ				
	N, %	усвое- мой Р ₂ O ₅ , %	отноше- ние водо- раство- римой Р ₂ O ₅ к усвое- мой, %	K ₂ O, %	NPK, %
1:1:1	10—11	10—11	85	10—11	30—33
0:1:1,5	0	13—14	85	19—20	32—34
1:0,7:1	12—13	8—9	85	12—13	32—35
1:1:1,5	9—10	9—10	85	14—15	32—35
1:1,5:1	8—9	12—13	85	8—9	28—31
1:1,5:0	10—11	15—16	85	0	25—27
1:2:2	8—9	17—18	85	17—18	42—45

Смешанные удобрения могут быть приготовлены на негранулированных и гранулированных формах.

В настоящее время выпускаемые односторонние удобрения — аммиачная селитра, суперфосфат — мало пригодны для подготовки тукосмесей. Поэтому при использовании этих удобрений в составе тукосмесей для нейтрализации необходимо добавлять мел, доломит и др. Хорошими компонентами гранулированных тукосмесей являются фосфаты аммония и мочевины. В приложении приведены данные о допустимости смешивания различных форм минеральных удобрений.

Тукосмеси целесообразно готовить на базах «Сельхозтехника», непосредственно в колхозах и совхозах для более быстрого их внесения.

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

Важнейшим органическим удобрением является навоз. Он содержит все питательные вещества, необходимые растениям, — азот, фосфор, серу, калий, кальций, магний, железо и микроэлементы — бор, молибден и др. Под влиянием навоза и других органических удобрений улучшаются физико-химические свойства почвы, ее водный и воздушный режимы, снижается вредное дейст-

вие почвенной кислотности на рост растений и жизнедеятельность микроорганизмов. В почву при дозе навоза 20—30 т/га вносится около 1 т зольных веществ, в том числе не менее 0,5 т кальция и магния (в пересчете на углекислые соединения). Такое количество щелочных соединений влияет на снижение кислотности пахотного слоя почвы.

Навоз обеспечивает дополнительное питание растений углекислым газом, что также способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Особенно важно внесение навоза и других органических удобрений в районах нечерноземной зоны страны. Почвы этой зоны бедны гумусом, содержат мало питательных элементов. Без систематического применения органических удобрений на таких почвах, особенно песчаных и супесчаных, трудно получать высокие и устойчивые урожаи.

НАВОЗ

Подстилочный навоз — это смесь твердых и жидких экскрементов и подстилки. Количество и качество навоза зависят от вида и возраста животного, от типа кормления, продолжительности стойлового периода, а также от способа содержания животных и технологии хранения.

Таблица 51

Влияние количества подстилки на накопление навоза и сохранение в нем азота

Количество подстилки в сутки на одну корову, кг	Накопление навоза от одной коровы за стойловый период в 200 дней, т	Потери азота за 3,5 месяца хранения навоза, %
Солома ржаная — 2	6,8	43,9
» » — 4	8,2	31,2
» » — 6	9,4	12,4
Торф верховой — 6	10,4	12,5
Торф низинный — 20	12,2	3,4

Применение подстилки скоту из соломы злаковых культур, верхового слаборазложившегося торфа влажностью 40—45%, сухой торфяной крошки переходного и низинного торфа позволяет увеличить в 1,5 раза накопление навоза, повысить его качество, улучшить зоогигиенические условия содержания животных (табл. 51).

При обильном кормлении коров со среднегодовым удоем молока 4000—4500 кг и использовании в подстилку 20 кг низинного торфа выход навоза за стойловый период достигает 11—12 т от одной коровы.

Количество накапливаемого навоза зависит от продолжительности стойлового периода (табл. 52).

Таблица 52

Примерное количество навоза, получаемого в год от одного животного при содержании на соломенной подстилке, т

	Продолжительность стойлового периода			
	240—220 дней	220—200 дней	200—180 дней	менее 180 дней
Крупный рогатый скот	9—10	8—9	6—8	4—5
Лошади	7—8	5—6	4—4,5	2,5—3
Овцы	1,0	0,9	0,6—0,8	0,4—0,5

Таблица 53

Состав свежего навоза

Составные части, %	Навоз на соломенной подстилке					Навоз на торфяной подстилке	
	крупного рогатого скота	свиной	овечий	конский	смешанный	крупного рогатого скота	конский
Вода	77,3	72,4	64,6	71,3	75,0	77,5	67,0
Органические вещества	20,3	25,0	31,8	25,4	21,0	—	—
Азот (N) общий	0,45	0,45	0,83	0,58	0,50	0,60	0,80
Азот (N) аммиачный	0,14	0,20	—	0,19	0,15	0,18	0,28
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,23	0,19	0,23	0,28	0,25	0,22	0,25
Калий (K ₂ O)	0,50	0,60	0,67	0,63	0,60	0,48	0,53

Химический состав свежего навоза характеризуется показателями, приведенными в таблице 53.

Сроки и способы хранения

С увеличением срока хранения навоза, повышением степени его разложения относительное содержание в нем общего азота, фосфора и калия увеличивается, а аммиачного азота уменьшается (табл. 54).

Таблица 54

Состав конского навоза в зависимости от степени его разложения, %

Составные части	Свежий навоз	После хранения в течение		
		2	4	5—8
		месяцев		
Вода	72,0	75,5	74,0	68,0
Органические вещества	24,5	19,5	18,0	17,5
Азот (N) общий	0,52	0,60	0,66	0,73
Азот (N) аммиачный	0,15	0,12	0,10	0,05
Фосфор (P_2O_5)	0,31	0,38	0,43	0,48
Калий (K_2O)	0,60	0,64	0,72	0,84

Однако общее содержание азота уменьшается в результате потерь при разложении органического вещества.

По данным ВИАУ, потери общего азота из навоза после хранения в течение двух месяцев составили 20—25%, четырех — 30—35, шести — восьми — 45—50%, органического вещества соответственно — 25—30%, 35—40, 50—60%.

Во избежание больших потерь азота и органического вещества не рекомендуется длительное хранение навоза.

Различают четыре стадии разложения навоза, приготовленного на соломенной подстилке: свежий, полуперепревший, перепревший и перегной.

Свежий, слаборазложившийся навоз. Солома в нем незначительно изменяет цвет и прочность.

Полуперепревший навоз. Солома в таком навозе приобретает темно-коричневый цвет, теряет прочность и легко разрывается. На этой стадии разложения навоз теряет 10—30% первоначального веса и такое же количество сухого органического вещества.

Перепревший навоз представляет собой однородную массу. Солома разлагается настолько, что нельзя обнаружить отдельные соломины. При доведении до такой степени разложения навоз теряет около 50% веса и сухого органического вещества.

Перегнивший — рыхлая темная масса. В этой стадии разложения навоз теряет до 75% веса и сухого органического вещества.

Не следует доводить навоз до перепревшего состояния или перегнившего. При длительном разложении количество органического вещества в навозе уменьшается в 2—3 раза, а процентное содержание азота и фосфора повышается незначительно (табл. 55).

Т а б л и ц а 55

Содержание азота и фосфора в коровьем навозе, приготовленном на соломенной подстилке, в зависимости от степени его разложения, %

	Степень разложения навоза			
	свежий	полуперепревший	перепревший	перегнивший
Азот (N)	0,52	0,60	0,66	0,73
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,25	0,38	0,43	0,48
Потери органического вещества, %	—	29,0	47,2	62,4

Получение навоза хорошего качества зависит от правильного хранения. Существуют рыхлый, или горячий, способ хранения, когда навоз не уплотняется; горяче-прессованный (способ Кранца) — навоз рыхлой укладки после разогревания до 50—60° уплотняется; холодный (плотный), при котором удаленный из животноводческого помещения навоз сразу уплотняется.

Наиболее целесообразно хранить навоз холодным способом. После удаления из животноводческого помещения его укладывают в большие плотные штабеля шири-

ной не менее 5—6 м и высотой в уплотненном состоянии не менее 2,5—3 м. При таком способе хранения навоза из него меньше теряется азота и органического вещества, больше накапливается аммиачного азота (табл. 56).

Т а б л и ц а 56

Средние потери органического вещества и азота
при разных способах хранения навоза
(в течение четырех месяцев)

Способ хранения	Навоз на соломенной подстилке, %		Навоз на торфяной подстилке, %	
	органического вещества	азота	органического вещества	азота
Рыхлый	32,6	31,4	40,0	25,2
Горячепрессованный	24,6	21,6	32,9	17,1
Плотный	12,2	10,7	7,0	1,0

Недопустимо хранить навоз в поле зимой в мелких кучах, так как при этом улетучивается почти весь аммиачный азот, а другие питательные вещества выщелачиваются весенними дождями и талыми водами.

При использовании подстилки животным в количествах, необходимых для поглощения жидких экскрементов и получения навоза хорошего качества, транспортеры, как правило, не справляются с уборкой навоза: забиваются, рвутся и выходят из строя. Поэтому для привязного содержания коров с применением подстилки наиболее пригодны животноводческие помещения с навозными проходами, позволяющими убирать навоз тракторами или самоходными шасси класса 0,6 т, оборудованными бульдозерной навеской с резиновым скребком.

На территории фермы навоз лучше всего хранить на бетонированной площадке.

В настоящее время основную массу навоза (около 80%) получают от крупного рогатого скота. Состав навоза от этого вида животных по различным природно-экономическим районам РСФСР приводится в таблице 57.

Химический состав навоза крупного рогатого скота

Природно-эко- номический район	Содержание, %							рН	Отношение С:N
	азота (N)		фос- фора (P ₂ O ₅)	калия (K ₂ O)	орга- ничес- кого веще- ства	зола	воды		
	обще- го	амми- ачного							
Северо-За- падный	0,41	0,09	0,23	0,44	17,8	5,2	77,0	8,0	23
Централь- ный	0,49	0,07	0,27	0,39	19,1	5,4	75,5	7,9	22
Волго-Вят- ский	0,41	0,06	0,19	0,41	18,1	3,4	78,5	8,0	24
Центрально- Чернозем- ный	0,60	0,08	0,30	0,60	19,4	14,1	66,5	7,9	19
Поволжский	0,63	0,05	0,32	0,68	20,0	25,0	55,0	7,9	20
Северо-Кав- казский	0,69	0,05	0,30	0,99	23,8	25,7	50,5	8,2	19
Западно- Сибирский	0,82	0,05	0,29	0,78	19,9	28,6	51,5	7,8	19
Восточно- Сибирский	0,48	0,03	0,41	0,51	20,7	13,3	66,0	8,0	24
Дальневос- точный	0,56	0,07	0,30	0,67	19,2	17,8	63,0	7,7	22

Навоз — удобрение длительного действия (табл. 58).

Таблица 58

Последствие навоза в последний год учета урожая

Почва	Среднегодо- вая доза навоза, т/га	Последствие на последней культуре	
		год учета урожая	прибавка к суммарной за севооборот, %
Дерново - под- золистые су- глинистые Черноземы	4,1 2,6	6—8 6—8	7 12

Последствие навоза на шестой—восьмой год учета урожая свидетельствует о том, что действие его еще не исчерпано. Поэтому оценка навоза как удобрения только по прямому действию его на сельскохозяйственные культуры была бы далеко не полной, так как урожай от последствия навоза в ряде случаев намного выше, чем от прямого действия (табл. 59).

Таблица 59

Соотношение размеров прямого действия и последствия навоза

Севооборот	Почвы	Прибавка урожая к суммарному за севооборот, %		
		от действия в год	от послед-ствия	в последний год учета урожая
Зернотравя- ные и зерно- льнянотра- вяные	Дерново- подзолистые	42	58	7
Плodosмен- ные	Дерново-подзо- листые	25	75	6
Зернопаро- вые	Черноземы	22	78	9
Зернопаро- пропашные	»	26	74	17
Плodosмен- ные	»	19	81	10

Прибавки урожая при внесении навоза в различных севооборотах неодинаковы. В севооборотах с пропашными культурами прибавки в 1,5 раза больше, чем без пропашных.

На дерново-подзолистых серых лесных почвах и на черноземах в районах достаточного увлажнения прибавки урожая получают примерно одинаковые, а на черноземах засушливых районов — значительно меньше.

Главное условие эффективного использования навоза — равномерное внесение его в оптимальные сроки и своевременная заделка в почву.

При летней вывозке из навозохранилища или развозке навоза по полю из штабелей вслед за разбрасыванием его нужно сразу же запахать в почву, иначе действие навоза на урожай резко снижается (табл. 60).

**Действие навоза на урожай
в зависимости от сроков заделки его в почву**

Время заделки навоза после разбрасывания	Относительный урожай, %
Вслед за разбрасыванием	100
Через 24 ч	88
Через 4 суток	74
Без навоза	52

Навоз вносят под все пропашные культуры — картофель, овощи, кормовые корнеплоды; технические — коноплю, сахарную свеклу, хлопчатник из расчета 25—40 т/га; под зерновые — озимую и яровую пшеницу, рожь, ячмень. Средняя доза внесения органических удобрений под озимые составляет 20—25 т/га. Навоз следует заделывать неглубоко, но во влажный слой почвы. В засушливых районах, а также на песчаных и супесчаных почвах эффективна более глубокая заделка.

При углублении пахотного слоя навоз и другие удобрения вносят на вывернутый, малоплодородный слой почвы перед перепахкой. Органические удобрения способствуют окультуриванию вывернутого малоплодородного слоя почвы. Под парозанимающие культуры навоз, как правило, вносят осенью под зяблевую вспашку. Если парозанимающую культуру убирают рано (вико-овес на зеленый корм), то навоз можно давать под вспашку после уборки парозанимающей культуры.

В степных районах черноземной зоны более выгодно весь навоз или большую часть его использовать под технические культуры и озимые, идущие по непаровым предшественникам. В центральной нечерноземной зоне навоз вносят в основном под озимые зерновые, картофель, овощные культуры. В засушливых районах под озимые культуры можно применять гранулированный суперфосфат в рядки из расчета 0,5—1 ц/га, а под овощные и другие пропашные культуры — навоз.

Под яровые культуры навоз следует вносить преимущественно осенью под зяблевую вспашку. Только на легких песчаных почвах в районах высокого увлажне-

ния осеннее использование навоза не всегда эффективно.

Доза внесения навоза зависит от его качества, почвенно-климатических условий, удобряемой культуры, степени окультуренности почвы и от наличия удобрений в хозяйстве.

В северных и северо-западных холодных и влажных районах, а также на слабоокультуренных почвах следует применять более высокие дозы внесения навоза и компостов, чем на юге и засушливом юго-востоке, на черноземных и высокоокультуренных.

Озимые и яровые зерновые культуры при прочих равных условиях требуют менее высоких доз навоза, чем картофель, кукуруза, сахарная и кормовая свекла, а из технических культур — конопля и др. Наибольшее количество навоза вносят под коноплю, силосные и овощные культуры (огурцы, капуста и др.).

С увеличением доз органических удобрений урожай сельскохозяйственных культур, как правило, возрастает, но оплата каждой тонны внесенных удобрений прибавкой урожая снижается.

Поэтому при недостатке навоза в хозяйстве целесообразно использовать его в меньших дозах, но на большей площади. Исключение могут составлять только сильно истощенные почвы, которые нуждаются в больших дозах органических удобрений для более быстрого их окультуривания. Лучше удобрить два поля севооборота из расчета 15—20 т навоза, чем одно из расчета 30—40 т/га. Однако при сплошном внесении доза навоза под зерновые культуры не должна быть ниже 8—10 и под пропашные — ниже 12—15 т/га.

На многих фермах при подстилочном содержании животных из-за недостатка подстилки или непригодности транспортеров для уборки навоза с достаточным количеством соломы или торфа получают бесподстилочный навоз. Он не сыпуч, и не текуч, поэтому не пригоден для хранения в штабелях, транспортировки кузовными транспортными средствами, погрузки с помощью насосов и перевозки цистернами. При хранении его теряется большое количество питательных веществ.

Для улучшения физических свойств навоза зимой его смешивают с торфом или соломенной резкой и ком-

постируют в навозохранилищах или на площадках около животноводческих помещений. В поле вывозят уже хорошо приготовленный компост.

Компостирование бесподстильного навоза в поле целесообразно лишь в весеннее и летнее время. На тонну торфяной крошки, влажность которой не превышает 60%, следует использовать не более 1 т навоза. При этом соотношении смесь торфа с навозом приобретает такую влажность и структуру, которые обеспечивают хорошее проникновение воздуха в штабеля, развитие биологических процессов и превращение соединений азота торфа в усвояемое растениями.

В хозяйствах, где нет торфа и соломы, бесподстильный навоз можно компостировать с почвой. Этот прием позволяет сократить потери питательных веществ из навоза и придать ему сыпучесть, необходимую для равномерного внесения в почву машинами и приспособлениями. Для приготовления таких компостов на тонну навоза требуется не более 200—300 кг земли. Готовить их можно начиная с весны и до самой осени.

Наиболее пригоден следующий способ приготовления компоста из бесподстильного навоза. На краю поля выделяют площадки — лучше небольшие (0,10—0,15 га), на которые в течение двух-трех дней вывозят навоз. Количество бесподстильного навоза должно быть не менее 3000 т/га компостной площадки. Заделку навоза надо проводить в два приема (по 1500 т в каждый). Навоз перед заделкой разравнивают бульдозером, а затем запахивают на глубину около 10—12 см. Вторую дозу навоза, вывезенную через несколько дней на эту же площадку, не запахивают, а заделывают тяжелой дисковой бороной, чтобы он хорошо смешался с почвой. После этого смесь сгребают в штабеля для компостирования. Через один—два месяца компост можно вносить в почву.

К компосту полезно добавить фосфоритную муку в количестве 1—2%. Ее рассеивают навозоразбрасывателем после запахивания первой дозы навоза.

Готовый компост по внешнему виду представляет темную однородную массу, напоминающую парниковый перегной.

Почву можно добавлять и к обычному навозу на соломенной подстилке. Летом при хранении навоза даже

в уплотненном состоянии происходят большие потери азота. Покрытие навоза небольшим слоем земли (5—10 см) резко сокращает потери азота. Делают это с помощью буртоукрывщика (БН-100). Общее количество земли в этом случае не должно превышать 20—30% от веса навоза. Одним из существенных преимуществ такого приема является то, что даже при несвоевременной запашке в навозе почти полностью сохраняется аммиачный азот, который находится в поглощенном состоянии. В отличие от обычного навоза его эффективность при высушивании не снижается. Этот прием приготовления рекомендуется для южных районов.

Применение органических удобрений (и в первую очередь навоза) в сочетании с минеральными удобрениями является важным фактором увеличения урожая и повышения плодородия почв.

Совместное внесение навоза и минеральных удобрений можно осуществлять следующим образом:

1. Одновременная заделка навоза и минеральных удобрений весной под яровые и летом под озимые культуры без предварительного их смешивания или компостирования.

2. Совместное внесение органических и минеральных удобрений в виде органо-минеральных компостов (навозно-фосфоритных, навозно-суперфосфатных и др.).

3. Внесение навоза и минеральных удобрений под одну и ту же культуру в разные сроки, например:

органические и фосфорно-калийные удобрения под зяблевую вспашку, азотные — весной под культивацию или в подкормку;

органические удобрения — под зяблевую вспашку, минеральные — весной под культивацию или при посеве (посадке);

органические удобрения — под парозанимающую культуру, минеральные — непосредственно под озимую культуру.

4. Внесение навоза и минеральных удобрений под различные культуры в севообороте, например под интенсивные культуры — навоз и полное минеральное, а под последующие — только минеральные.

Совместное применение органических и минеральных удобрений имеет важное значение в условиях орошаемого земледелия. При этом создается режим устойчивого

питания растений в течение всего вегетационного периода и обеспечивается более полное использование растениями минеральных удобрений.

Чтобы получить высокий экономический эффект от применения навоза и минеральных удобрений, их надо вносить в первую очередь под интенсивные культуры и только на тех полях, куда вывоз навоза не потребует больших затрат. Вывоз же навоза на поля, удаленные от животноводческих ферм на расстояние более 5 км, как правило, нецелесообразен.

Основные приемы использования навоза

В год внесения из навоза усваивается аммиачный азот и лишь незначительное количество азота органических соединений после их разложения. На почвах с незначительным содержанием азота под яровые культуры вносят навоз и минеральные азотные удобрения. Чем меньше аммиачного азота содержится в навозе, тем в большем количестве требуется добавлять к нему минеральные азотные удобрения.

При внесении навоза в пару под озимые культуры и зябь, независимо от количества содержащегося в нем аммиачного азота, дополнять его минеральными азотными удобрениями не рекомендуется, так как в пару накапливается много нитратного азота. Нет необходимости дополнять навоз азотом на почвах, где в минимуме не азот, а фосфор. На неорошаемых обыкновенных и карбонатных черноземах, на каштановых почвах навоз нередко дополняют фосфорными удобрениями.

При наличии в хозяйстве навоза разной степени разложения более разложившийся навоз вносят под яровые пропашные культуры, а менее разложившийся — в пар под озимые.

Важными показателями качества навоза являются отношение в нем углерода к азоту (C:N) и общее содержание азота. Навоз, в котором содержание общего азота в расчете на абсолютно сухой вес не ниже 2% и соотношение C:N не превышает 20:1, можно вносить под любую культуру, не опасаясь, что он вызовет азотное голодание растений в начальный период их развития.

Чем меньше отношение C:N и чем выше содержание азота в навозе, тем выше удобрительное свойство его

и наоборот. В органическом веществе полуперепревшего и перепревшего навоза содержится в расчете на сухое вещество примерно 50% углерода. Зная зольность навоза и содержание в нем азота в пересчете на сухое вещество, можно определить отношение углерода к азоту (C:N) по следующей формуле:

$$C:N = \frac{(100-a) \cdot 50}{100 \cdot D} = \frac{100-a}{2 \cdot D}$$

где a — зольность на сухое вещество, %;

$(100-a)$ — органическое вещество, %;

D — содержание общего азота в расчете на сухой вес навоза, %.

Например, зольность равна 30%, содержание общего азота в навозе — 2%, тогда

$$C:N = \frac{(100-30)}{2 \cdot 2} = 17,5:1.$$

НАВОЗНАЯ ЖИЖА

Навозная жижа — быстродействующее азотно-калийное удобрение. Содержит около 0,3—0,4% азота и 0,3—0,6% калия.

За время стойлового периода накопление от крупного рогатого скота навозной жижи, не поглощаемой подстилкой, составляет около 15% от выхода навоза за этот период. При достаточном количестве торфяной подстилки навозная жижа, как правило, не накапливается.

При наличии торфа навозную жижу используют для приготовления торфожижевых компостов. Готовить их можно начиная с теплых мартовских дней и до самой осени.

Навозную жижу применяют для подкормки овощных и других пропашных культур из расчета 5—10 т/га.

При поверхностном внесении навозную жижу разбавляют водой в 2 раза для более равномерного распределения ее на поле, сокращения потерь азота и устранения возможности ожога растений.

В подкормку овощных и других пропашных культур жижу вносят с помощью цистерн с подкормочным приспособлением ПРЖ-1,7. При этом способе не разбавляют водой даже концентрированную жижу.

Навозная жижа в основном является азотно-калийным удобрением, в котором азот и калий находятся в растворимой форме. Использование ее в сочетании с фосфорными минеральными удобрениями способствует лучшему усвоению растениями азота и калия из жижи и обеспечивает более высокий урожай.

ПТИЧИЙ ПОМЕТ

Куриный помет сильно-и быстродействующее органическое удобрение с высоким содержанием основных питательных веществ и микроэлементов. За год от 100 кур получают 6—8 ц помета, уток — 8—10 и от гусей — 10—12 ц.

Содержание питательных веществ в помете колеблется в зависимости от кормления птиц. В сыром курином помете содержится 1,5—2,5% азота, 1—2% фосфора и около 1% калия.

В свежем курином помете, как правило, нет летучих форм азота, но при хранении в чистом виде он сильно разогревается и вследствие превращения мочево́й кислоты в аммиачные соединения азот теряется. При этом потери за 1,5—2 месяца могут достигать 30—60% от общего его содержания в помете. Поэтому используют различные приемы обработки помета, такие, как компостирование с торфом, перегноем, опилками, соломой.

Применение глубокой подстилки в птичниках является наиболее надежным приемом сохранения азота в помете, улучшения его физических свойств, снижения затрат труда и повышения продуктивности кур.

Лучший материал для глубокой подстилки — сухой измельченный сфагновый торф с примесью измельченной соломы, сухая торфяная крошка низинного торфа, солома, мякина, древесные опилки. На пол птичника торф засыпают слоем 30—40 см. По мере загрязнения подстилку перемешивают с нижними слоями. Очищают птичники 2—3 раза в год.

Закладывают глубокую подстилку и другим способом. Первоначально настилают слой 5—10 см. По мере загрязнения подстилку перекапывают и добавляют еще 5—6 см, и так поступают до тех пор, пока толщина слоя не достигнет 40—60 см. Очищают птичник в этом случае

2—3 раза в год. Расход торфяной подстилки на одну курицу составляет 150—200 г в сутки.

Потери азота из птичьего помета можно предотвратить добавлением суперфосфата в количестве 6—10% от веса сырого помета после удаления его из птичника. Такое концентрированное удобрение вносят под пропашные культуры (картофель и овощи) 10—12 т/га, зерновые — 5—6 т/га. Птичий помет используют как основное удобрение и для подкормки в первую очередь под сахарную свеклу, картофель и овощные культуры.

БЕСПОДСТИЛОЧНЫЙ НАВОЗ

Дальнейшее углубление специализации и концентрации животноводства, переход к индустриальным методам производства мяса, молока и другой продукции потребовали коренных изменений в технологии накопления и использования органических удобрений. Технологией промышленного животноводства предусматривается бесподстилочное содержание животных. Получаемый при этом бесподстилочный навоз имеет влажность 89—91% и обладает свойством текучести, что в значительной степени упрощает уборку его из животноводческих помещений, создает условия для полной механизации и автоматизации комплекса трудоемких работ.

Бесподстилочный навоз — это смесь твердых и жидких экскрементов животных, получаемых на фермах, построенных для бесподстилочного содержания животных.

Проектирование и строительство крупных животноводческих комплексов требуют одновременной разработки нового плана организационно-хозяйственного устройства и системы кормопроизводства, обеспечивающей заготовку по возможности максимального количества собственных кормов. Применительно к принятой системе кормопроизводства разрабатываются система удобрения и соответствующие агротехнические и мелиоративные мероприятия, гарантирующие производство указанного количества кормов. Для решения этой задачи надо знать годовой выход экскрементов и содержание в них питательных веществ.

Выход экскрементов определяют по справочным данным о ежесуточном выделении кала и мочи различными

половозрастными группами животных или по количеству сухого вещества корма, расходуемого за год. Количество смеси экскрементов при обычной влажности их около 90% определяют по следующей формуле:

$$Г = C_{\text{вк}} \cdot (1 - K) \cdot 10,$$

где $Г$ — годовой выход смеси экскрементов, т;
 $C_{\text{вк}}$ — сухое вещество корма, т;
 K — средневзвешенный коэффициент переваримости расходуемых кормов.

На крупных комплексах промышленного типа средний коэффициент переваримости кормов для свиней равняется 0,7, крупного рогатого скота — 0,6. В зависимости от размеров потерь корма в животноводческих помещениях указанные коэффициенты должны быть соответственно уменьшены.

Бесподстилочный навоз, полученный на крупных фермах и комплексах промышленного типа при скармливании животным концентрированных кормов, отличается повышенным содержанием питательных веществ для растений (табл. 61).

Таблица 61

Химический состав экскрементов животных, %			
	Крупный рогатый скот		Свиньи на откорме
	молодняк на откорме	коровы	
Сухое вещество	14,5	10,0	9,8
Азот (N) общий	0,77	0,43	0,72
Фосфор (P_2O_5)	0,44	0,28	0,47
Калий (K_2O)	0,76	0,50	0,21

В бесподстилочном навозе от 50 до 70% азота находится в аммиачной форме, которая хорошо усваивается растениями в первый же год внесения. Поэтому действие его на удобренную культуру несколько сильнее, чем подстилочного навоза, а последствие, наоборот, слабее. Фосфор и калий навоза используются растениями не хуже, чем из минеральных удобрений.

Потери азота и органического вещества при хранении бесподстилочного навоза значительно меньше, чем при плотном хранении подстилочного навоза (табл. 62).

Потери органического вещества и азота
при хранении навоза зимой и в летнее время, %

Навоз	Зимнее хранение		Летнее хранение	
	органическое вещество	азот	органическое вещество	азот
Подстилочный	31—34	36—40	35—40	35—37
Бесподстилоч- ный	5—8	3—8	9—15	4—14

Бесподстилочный навоз при хранении расслаивается на три слоя с образованием на поверхности плотной корки. Поэтому для надежной эксплуатации насосов, трубопроводов, цистерн-разбрасывателей и дождевальных установок его систематически перемешивают, а попадающие в него твердые включения (сено, сенаж, силос) измельчают. Но перемешивание неизбежно приводит к увеличению потерь азота.

При перемешивании бесподстилочного навоза 1 раз в неделю потери органического вещества и азота за 4,5 месяца хранения увеличиваются почти в 2 раза. Однако, несмотря на это, они все же меньше, чем при плотном хранении подстилочного навоза.

Бесподстилочный навоз по действию на урожай не уступает подстилочному, полученному из такого же количества исходных экскрементов (табл. 63).

Таблица 63

Влияние различных видов навоза на урожай

Навоз	Урожай зерновых культур, ц га			Суммарная прибавка, ц
	картофель	ячмень	овес	
Без удобрений	55,0	19,0	13,2	—
Подстилочный	63,0	20,2	13,9	9,9
Бесподстилоч- ный	68,3	21,1	14,7	16,9
Бесподстилоч- ный + солома	63,5	20,7	14,7	11,7

Бесподстилочный навоз в сочетании с соломой, оставаемой в поле после уборки урожая в количестве, равном содержанию ее в составе подстилочного навоза, по действию на урожай также не уступает ему.

В условиях производства возможно попадание в навоз воды от подтекания автопоилок, мытья кормушек. Поэтому выход бесподстилочного навоза может увеличиваться на 25% по сравнению с выходом экскрементов. Влажность такого навоза достигает 92%.

Дальнейшее разбавление навоза водой нежелательно, во многих случаях оно приводит к ухудшению микроклимата в животноводческих помещениях. Кроме того, при более высокой влажности навоза возрастает потребность в транспортных средствах для вывозки его в поле и емкостях для хранения. При разбавлении смеси кала и мочи водой до указанной ниже влажности происходит следующее увеличение объема жидкого навоза.

Влажность навоза, %	90	92	94	95	96	97	98	99
Объем навоза, %	100	125	167	200	250	333	500	1000

При разбавлении экскрементов водой на ферме уменьшается экономическое преимущество бесподстилочного содержания животных по сравнению с подстилочным.

Поэтому при необходимости удобрять поля бесподстильным навозом с одновременным поливом или орошением его разбавляют водой не в каналах навозоудаления, а в смесительной камере непосредственно перед орошением, чтобы не хранить разбавленный навоз.

Удаление

В настоящее время для удаления бесподстилочного навоза крупного рогатого скота и свиней наиболее приемлема самотечно-сплавная система гидротранспорта непрерывного действия или рециркуляционная.

Для надежной работы этой системы не применяют для подстилки животным солому, торф, особенно опилки. Нежелательно, чтобы остатки корма попадали на пол, а затем через решетку в канал навозоудаления. По-

этому устройство кормушки должно по возможности исключать потери корма.

При привязном или боксовом содержании коров стойла делают на 10—20 см короче косой длины туловища животных; ширина стойл и разделители между ними должны обеспечивать расположение животного перпендикулярно к решетке, являющейся продолжением стойла. Привязь должна ограничивать подвижность животного в стойле. При таком устройстве стойл зона дефекации придется полностью на решетку, коровы не смогут лечь на нее и животные будут чистыми.

Решетка при привязном и групповом содержании животных должна быть самоочищающейся, что уменьшит зарастание ее навозом и избавит от необходимости ежедневно очищать и промывать решетку.

Канал навозоудаления под решеткой должен иметь несколько неподвижных порогов, образующих ступенчатый каскад с понижением уровня к навозосборнику.

Дно канала может быть горизонтальным или с незначительным уклоном от 0,004 до 0,006 в сторону порожка. Количество каскадов определяют в каждом конкретном случае исходя из того, что длина канала первого каскада должна быть не более 10—12 м, а каждый последующий — на 5—8 м длиннее. Отметка уровня предыдущего порога выше последующего на 10—15 см. Высота каждого порога от дна канала составляет 30—40 см.

Форма канала в сечении V-образная или прямоугольная при ширине верхней части по размеру решеток. Глубина канала 70—90 см. Наименьшая глубина у каналов первого каскада. Внутренняя поверхность каналов гладкая, с хорошей гидроизоляцией и заделкой стыков сборных элементов, чтобы не допускать фильтрации мочи через стыки и стенки.

Каналы навозоудаления оборудуют вытяжной вентиляцией, исключающей выход газа из-под решеток в помещение. Вытяжки желательно размещать в конце каждого каскада у порожков.

Чтобы использовать естественный уклон для сплава навоза в хранилище самотеком, животноводческие фермы целесообразно размещать на возвышенном месте, а навозохранилища — в пониженном.

Между животноводческими помещениями и навозохранилищами строят навозоприемники для промежуточ-

ного выдерживания навоза в течение восьми дней с целью определения инфицированности его возбудителями особо опасных заболеваний (чума, ящур, болезнь Ауески и др.).

В зависимости от размеров и планировки фермы, количества и размещения помещений определяют число навозоприемников и место их строительства. Во всех случаях навозоприемников должно быть не менее двух. Пока второй в течение восьми дней заполняется, в первом навоз выдерживают и проверяют на инфицированность. При ее отсутствии навоз из приемника направляют в хранилище. В противном случае прямо в навозоприемнике навоз дезинфицируют по указанию ветеринарной службы, которая определяет также возможность его дальнейшего использования как удобрения. Объем навозоприемника должен быть равен выходу навоза в течение не более 10 дней, что исключает образование за это время плотной, трудно разрушаемой корки. Навозоприемник оборудуют устройством для перемешивания бесподстилочного навоза, обеспечивающим приготовление однородной массы, а также дозатором для внесения в массу химических реагентов, необходимых для дезинфекции.

Для эффективного перемешивания навоза навозоприемники должны быть цилиндрической формы, а насос иметь устройство для измельчения остатков корма. При соблюдении этих условий навоз перекачивается в навозохранилище по напорному трубопроводу диаметром не менее 150 мм, уложенному на глубине ниже уровня промерзания грунта.

Все навозные коммуникации, начиная от каналов в помещении и до хранилищ включительно, необходимо обеспечить надежной гидроизоляцией, исключающей фильтрацию бесподстилочного навоза в грунт и загрязнение водных источников и подземных вод.

Для запуска вновь выстроенной самотечной системы навозоудаления каналы сначала заполняют водой. После постановки животных на ферму кал и моча через щели в решетках попадают в навозный канал. При этом моча растворяется в воде, а кал погружается на дно канала. Через некоторое время, по мере повышения плотности жидкости за счет насыщения ее мочой, кал после начала брожения начинает подниматься на поверхность

вместе с пузырьками газов и плыть на жидкой «подушке» в сторону порога. Перевалив через первый порог, он плывет по жидкой «подушке» нижележащих продольных каналов, поперечного канала (коллектора) и, наконец, самотеком достигает навозоприемника.

При правильном устройстве и соблюдении изложенных требований самотечная сплавная система работает надежно и непрерывно. Большое значение при этом имеет строгий контроль за тщательной гидроизоляцией всех навозных коммуникаций.

Применяют и рециркуляционную систему гидротранспорта навоза, если для смыва его применяют обеззараженную жидкую фракцию. Эту систему можно использовать в сочетании с самотечно-сплавной системой гидротранспорта навоза, особенно если надежность гидроизоляции невысока.

Механические устройства для транспортирования навоза в каналах под решетками неэффективны: они металлоемки, недолговечны и ненадежны, поэтому не рекомендуются для крупных животноводческих ферм промышленного типа.

Системы прямого гидросмыва, отстойно-лотковая или шиберная приводят к разбавлению навоза водой в 4—6 раз, в результате соответственно возрастает потребность в емкостях для хранения и в транспортных средствах для вывозки и разбрасывания его в поле. Поэтому они не рекомендуются для производства.

Хранение

В зависимости от почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условий бесподстилочный навоз хранят от двух до шести месяцев.

При хранении он образует слои, различающиеся между собой по плотности, содержанию питательных элементов и сухого вещества. Навоз обычно расслаивается на три слоя. Сверху образуется плотный плавающий слой, внизу — осадок, а между ними — осветленная жидкость. Свиной навоз расслаивается быстрее, чем навоз крупного скота. При разбавлении навоза водой увеличивается скорость осаждения твердых частиц, особенно в свином навозе.

Для устойчивой работы насосов, цистерн-разбрасывателей, дождевальных установок и полного освобождения навозохранилищ, а также для равномерного внесения питательных элементов и органического вещества на удобряемой площади необходимо интенсивно перемешивать навоз в хранилище.

Различия в потерях азота в открытых и закрытых хранилищ незначительны. Поэтому полевые хранилища целесообразно строить открытыми, а прифермские — закрытыми.

Суммарный объем полевых и прифермских навозохранилищ с емкостью навозоприемников и каналов навозоудаления должен обеспечивать хранение такого количества навоза, которое накапливается за то время, когда его нельзя вывозить и вносить в почву (осеннее или весеннее бездорожье, нет свободных полей, а на занятых посевами его не вносят). Емкость хранилищ проектируется в зависимости от продолжительности такого периода, поголовья животных и выхода навоза, однако, она, как правило, должна быть равна выходу навоза в течение двух месяцев.

При наличии трубопроводов хранят навоз в прифермских хранилищах. В этом случае прифермские хранилища соединяют трубопроводами с небольшими по емкости полевыми заправочными станциями (или гидрантами) для подачи навоза в цистерны-разбрасыватели или дождевальные установки.

С увеличением размера хранилищ уменьшаются удельные капиталовложения в расчете на 1 м³ емкости. Следовательно, выгоднее строить хранилища большей емкости. Но в больших хранилищах труднее перемешивать навоз, поэтому размер их зависит от технических средств, используемых для его перемешивания. Каждое хранилище проектируют объемом не более 3—5 тыс. м³.

По форме лучше всего цилиндрические хранилища: в них легче перемешивать навоз. Глубина хранилищ должна позволять забирать бесподстилочный навоз насосами. Дно имеет уклон к заборному устройству для стока жидкого навоза. Дно и стены хранилища хорошо гидроизолированы и устойчивы.

Во избежание послойного намораживания бесподстилочного навоза при заполнении хранилища зимой необходимо иметь устройство для подачи его в хранилище

снизу. Для нормальной эксплуатации прифермские и полевые хранилища до наступления морозов заполняют навозом высотой не менее 0,5 м над выходным концом трубы.

Во время хранения навоз следует систематически перемешивать, не допуская образования прочной корки на поверхности. При погрузке в цистерны-разбрасыватели и перекачивании по трубопроводу его перемешивают несколько раз в день для поддержания всей массы в однородном (гомогенном) состоянии.

Для безотказной работы насосов, трубопроводов, цистерн-разбрасывателей и дождевальных установок частицы, содержащиеся в навозе, должны измельчаться специальными устройствами перед поступлением его в хранилище и выгрузкой.

По возможности полевые хранилища соединяют трубопроводами с прифермскими. В другом случае навоз доставляют цистернами и перекачивают в полевое хранилище через трубу, уложенную в его обваловке, имеющую выход на дне хранилища.

В перекрытиях закрытых хранилищ должны быть сделаны люки с крышками, через которые навоз можно перемешивать и выгружать в транспортные средства. Часть перекрытия (30—40 м²) делают из легко разбираемых щитов, чтобы облегчить при необходимости доступ в хранилище. Подъездные пути к хранилищам должны иметь твердое покрытие, рассчитанное на передвижение автомобильного транспорта и тракторов класса 3—5 т. Вокруг хранилищ необходимо делать водосточные канавки.

Навозохранилища обносят изгородью. Конструкции и оборудование в них должны способствовать улучшению ветеринарно-санитарного состояния ферм и соответствовать правилам техники безопасности.

Закрытые емкости должны иметь вентиляцию, так как при хранении жидкого навоза в них накапливается значительное количество метана, сероводорода, углекислого газа, аммиака, индола, скатола и других газов. Поэтому в них категорически запрещается применять открытый огонь для освещения. Во избежание несчастных случаев нельзя опускаться в навозные коллекторы, навозоприемники, смотровые колодцы и навозохранилища без противогаса и страхового веревки.

Бесподстилочный навоз, полученный от заразных животных на крупных животноводческих комплексах промышленного типа, перед использованием в качестве удобрения обязательно обеззараживают.

При отсутствии заразных заболеваний навоз не обеззараживают. Не допускается лишь дождевание или подкормка таким навозом овощных, плодовых или других культур, употребляемых в сыром виде без предварительной переработки.

Дозы и сроки внесения

При расчете доз бесподстилочного навоза учитывают потребность возделываемых культур в питательных веществах, типы почв и содержание в них элементов питания, предшественники, расстояния транспортировки навоза, размеры его накопления и реакцию растений на высокие дозы.

В таблице 64 приведены максимальные дозы бесподстилочного навоза в расчете на ежегодное удобрение сельскохозяйственных культур, лугов и пастбищ.

На сеяных и природных сенокосах и пастбищах с высоким содержанием в травостое бобовых растений дозу навоза уменьшают. На пастбищах бесподстилочный навоз лучше вносить зимой, до начала или по окончании вегетации трав.

Допускается подкормка пастбищ за 25—30 дней до очередного стравливания. При подкормке пастбищ в период вегетации ухудшается поедаемость зеленого корма, поэтому их надо удобрять сразу же после стравливания. В условиях крупных животноводческих хозяйств надо стремиться к круглогодовому внесению навоза. Не рекомендуется применять бесподстилочный навоз зимой на затопляемых площадях и склонах, где возможен смыв его при весеннем снеготаянии.

Применение бесподстилочного навоза

Специфика применения бесподстилочного навоза в условиях крупных животноводческих комплексов определяется в первую очередь его текучестью, особенностями химического состава и накоплением большого количества экскрементов (до 20—40 т/га сельскохозяйствен-

**Максимальные дозы, сроки внесения и способы заделки
жидкого навоза крупного рогатого скота**

Сельскохозяйственная культура, луга и пастбища	Макси- мальная годовая доза*, т/га	Время внесения	Способ заделки
Зерновые	35	Под основную об- работку	Под плуг
Озимые на зерно	25	Зимой для под- кормки	Весеннее бороно- вание
Картофель	40—60	Осенью под зябь или зимой под весеннюю пере- пашку	Под плуг
Сахарная свекла (фабричная)	50—60	Осенью под зябь или зимой под весеннюю обработ- ку	Под плуг или дис- ковый луцильник
Кормовая и сахарная свекла на корм	80—90	То же	То же
Кукуруза на зеле- ный корм и силос	60—80	» »	» »
Многолетние злако- вые и бобово-злако- вые травосмеси на се- но и зеленый корм	60—80	Зимой и после укозов	Боронование пос- ле укозов
Луга	60—80	То же	То же
Пастбища	60—80	По окончании ве- гетации или зи- мой до вегетации. После стравлива- ния	Боронование в на- чале вегетации
Однолетние травы	40—50	Осенью под зябь, зимой и весной под предпосевную обработку	Под плуг, диско- вый луцильник
Рожь на зеленый корм	35	Под вспашку или предпосевную об- работку	Под плуг, диско- вый луцильник, культиватор
Рожь на зеленый корм	25	Зимой для под- кормки	Весеннее бороно- вание

* Максимальные дозы даны в расчете на неразбавленный водой жидкий навоз (смесь кала и мочи).

ных угодий). Бесподстилочный навоз крупных животноводческих ферм промышленного типа рекомендуется применять, как правило, по следующим технологическим схемам, предусматривающим строительство как прифермских, так и полевых хранилищ.

1. Прифермское навозохранилище — цистерна — полевое навозохранилище — цистерна-разбрасыватель — поле.

2. Навозохранилище — трубопроводная сеть — дождевальная установка — поле.

3. Прифермское навозохранилище — трубопровод — полевое навозохранилище — цистерна-разбрасыватель — поле.

Первую схему применяют, когда нет трубопровода для перекачивания навоза из прифермского хранилища в полевое. В этом случае навоз выгружают из прифермского навозохранилища в цистерны-разбрасыватели, которые вывозят его в поле и заполняют полевые навозохранилища для хранения до момента внесения в почву.

В период удобрения навоз из прифермских и полевых хранилищ грузят в цистерны-разбрасыватели, вывозят в поле, разбрасывают по поверхности и при возможности заделывают его в почву.

Вторую схему используют при наличии трубопроводной сети и установки для дождевания чистой водой или сточными водами. В период вегетации для полива растений навоз разбавляют водой в смесительной камере или в транспортном потоке трубопровода в соотношении 1:8—10. Во вневегетационный период навоз разбавляют водой в соотношении 1:1—3. С помощью датчиков расхода навоза и воды и насосов степень разбавления навоза водой можно программировать автоматически. К дождевальной установке в поле навоз перекачивают по напорному трубопроводу насосом высокого давления. Если нет такого насоса, последовательно устанавливают два насоса низкого давления. Работа по этой схеме не исключает одновременного использования цистерн-разбрасывателей.

При отсутствии трубопроводной сети и дождевальных установок применяют третью схему, которая намного эффективнее первой. Транспортировка жидкого навоза из прифермского хранилища в полевые по трубам с последующим внесением его цистернами-разбрасывателями

по третьей схеме позволяет значительно снизить транспортные издержки, повысить производительность труда по сравнению с соответствующими показателями при работе по первой схеме.

Наряду с приведенными технологическими схемами можно использовать также бесподстилочный навоз после предварительного разделения его на твердую и жидкую фракции. Разделение на фракции целесообразно при отсутствии приспособлений для тщательного измельчения твердых включений навоза, устройств для его гомогенизации во время хранения, а также эластичных распылителей в дождевальных установках. В таком случае этот прием обеспечивает более надежную работу системы трубопроводов, дождевальных установок и цистерн-разбрасывателей. Разделять навоз на фракции нужно сразу после поступления его в навозоприемник.

Твердую фракцию укладывают в штабель. При ее влажности 65—67% температура внутри штабеля может достигать летом 60—65°C. При такой температуре внутри штабеля гибнут яйца гельминтов, мух и многие патогенные микроорганизмы. Для обеззараживания навоз перелопачивают бульдозером, чтобы поверхностный слой его попал внутрь штабеля. Твердую фракцию используют для удобрения так же, как и подстилочный навоз.

Жидкую фракцию хранят в навозохранилищах, она содержит более 90% питательных веществ, имевшихся в навозе, и является хорошим удобрением.

Техника для применения бесподстилочного навоза

Для погрузки навоза, получаемого на крупных животноводческих фермах промышленного типа, наиболее пригоден высокопроизводительный погрузчик-измельчитель ПНЖ-250, который перемешивает навоз на всей глубине хранилища, измельчает твердые включения и грузит его в цистерны или перекачивает по трубопроводу на расстояние 300 м. Он разработан в двух вариантах: мобильном и стационарном. В мобильном варианте он навешивается на трактор МТЗ и обслуживается одним трактористом. В стационарном варианте работает с приводом от электродвигателя мощностью около

40 кВт, который включается трактористом транспортно-го агрегата.

Для транспортировки и внесения бесподстилочного навоза разработаны цистерны-разбрасыватели РЖТ-4, РЖТ-8 и РЖТ-16.

Разбрасыватель РЖТ-4 агрегируется с трактором МТЗ-80, его грузоподъемность 5 т, рабочая ширина захвата 6—8 м. Доза внесения навоза регулируется от 6 до 64 т/га. Производительность машины 20 ткм/ч.

Разбрасыватель РЖТ-8 агрегируется с трактором Т-150К, его грузоподъемность 9 т, рабочая ширина захвата 8—10 м. Доза внесения навоза регулируется от 8 до 70 т/га. Производительность машины 40 ткм/ч.

Высокопроизводительная большегрузная цистерна-разбрасыватель РЖТ-16 агрегируется с трактором К-700, его грузоподъемность 17 т, рабочая ширина захвата 10—12 м. Доза внесения навоза регулируется от 10 до 70 т/га. Заполнение цистерны погрузчиком ПНЖ-250 занимает около 6 мин. Производительность машины 60 ткм/ч.

Для животноводческих ферм промышленного типа перспективна машина РЖТ-16, пригодны также цистерны РЖТ-8 и «Аннабургер» емкостью 10 м³ (изготовитель ГДР).

Гомогенизированный навоз, в котором предварительно измельчены все твердые включения, перекачивают по трубопроводам с помощью насосов 5ф-6, 5ф-12, 5ф-9 и др. Гидравлический расчет навозопровода следует вести по таблицам и формулам, разработанным для перекачки ила и осадков сточных вод.

Для удобрительных поливов навозом с водой используют мобильные, позиционные и стационарные дождевальные установки. Наибольшее распространение в стране получила позиционная дальнеструйная дождевальная машина ДДН-70, агрегируемая с тракторами класса 3 т (ДТ-54, ДТ-74 и ДТ-75). Площадь полива этой машиной с одной позиции 0,94 га, расход жидкости до 70 л/сек. Расстояние между позициями 100—110 м. Производительность при норме полива 300 м³—0,78 га/ч.

При наличии стационарной оросительной сети хорошо работают среднеструйные дождевательные аппараты с эластичными соплами, пропускающие твердые частицы

размером до 25—30 мм. Радиус действия этих аппаратов до 25 м, расход жидкости до 5 л/сек, напор — 25—55 м водяного столба. Автоматизированные стационарные дождевальные установки имеют преимущество при круглогодичном удобрительном поливе навозом в районах, где не бывает больших морозов.

После каждого удобрительного полива систему трубопроводов и дождевальные установки промывают чистой водой.

В районах с суровыми зимами предпочтительнее поверхностно-самотечные способы полива, особенно по глубоким длинным бороздам, которые нарезают осенью. При этом способе полива необходима планировка орошаемых земель. Строительство систем орошения должно быть закончено до ввода в действие животноводческих ферм.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА

Торф богат азотом, но беден фосфором и очень беден калием.

Содержащийся в торфе азот находится в органических соединениях, плохо усваиваемых растениями. Поэтому применение торфа в чистом виде неэффективно. Расходы на добычу и использование торфа в чистом виде, как правило, не окупаются прибавкой урожая.

Чтобы повысить доступность азота торфа для растений, его компостируют с биологически активными компонентами (навозом, навозной жижей, фекалиями), а также используют для подстилки скоту.

Торфонавозные компосты

При компостировании торфа с навозом устраняется излишняя кислотность торфа, создаются условия для развития биологических процессов, ускоряется разложение его, благодаря чему увеличивается количество подвижного, доступного растениям азота.

Микробиологические процессы и накопление питательных веществ в компосте протекают энергичнее при температуре в штабеле 60—65°. Поэтому в отличие от приготовления навоза штабеля торфонавозных компо-

стов уплотнять не рекомендуется. Эффективность компостирования торфа с навозом определяется еще и тем, что торф, отличаясь высокой поглотительной способностью, полностью удерживает аммиак, который в большом количестве теряется из навоза при хранении, внесении в почву и особенно несвоевременной его заделке.

Торфонавозные компосты обычно готовят в поле, на месте их применения, реже — около животноводческих помещений или в навозохранилище. На 1 весовую часть навоза в зимнее время берут 1 часть торфа, а при весенне-летней заготовке — 1—2 части. Для приготовления торфонавозных компостов пригодны все виды торфа: верховой, переходный и низинный, влажность которых не превышает 60%. Получаемый от поставщиков торф для компостирования должен соответствовать по качеству требованиям ГОСТ 12101—66.

В торфонавозный компост рекомендуется добавлять 1,5—2% фосфоритной муки от его веса, а для использования под картофель 0,5% калийной соли при тщательном перемешивании этих удобрений с компостом и равномерном внесении. Торфонавозные компосты заготавливают различными способами.

Послойный способ пригоден в любое время года. На площадке разгружают торф и бульдозером разравнивают слоем 40—50 см. На торф накладывают навоз и разравнивают слоем 25—30 см. Последующую послойную укладку торфа и навоза в штабеля выполняют погрузчиками. Штабель завершают слоем торфа толщиной 40—50 см. Готовый штабель имеет ширину у основания 3—4 м, высоту около 2 м, длину произвольную. В зимнее время во избежание промерзания навоза каждый штабель закладывают в течение одно-двух дней.

Очаговый способ отличается от послойного приготовления компостов тем, что навоз укладывают на торфяную подушку отдельными кучами на расстоянии 1 м друг от друга, а промежутки между ними засыпают торфом. Очаговый способ компостирования навоза с торфом обеспечивает лучшее разогревание компостов в зимнее время.

Площадочный способ заключается в том, что на торфяную подушку слоем 25—30 см сгружают и разравнивают необходимое количество навоза. Затем 2—3-кратным дискованием тяжелой дисковой бороной перемешивают.

вают навоз с торфом и смесь сгребают бульдозером в штабеля для компостирования. Этот способ наиболее приемлем при заготовке компостов в весенне-летний и осенний периоды.

Таблица 65

Эффективность навоза и торфонавозного компоста
на дерново-подзолистой супесчаной почве
при внесении их под картофель (30 т/га)

Удобрение	Прибавка урожая, цга	Затраты на удоб- рение и уборку дополни- тельного урожая, руб.	Стои- мость дополни- тельного урожая, руб.	Условно чистый доход, руб.	Рента- бель- ность, %
Без внесения минеральных удобрений					
Навоз	74,5	107,54	447,00	339,46	314
Торфонавозный компост	83,3	142,15	499,80	357,65	250
На фоне минеральных удобрений ($N_{60}P_{80}K_{80}$)					
Навоз	100	142,37	600,00	457,63	320
Торфонавозный компост	108,6	177,89	651,60	473,71	260

В это же время компосты можно готовить и таким способом. На край удобряемого поля подвозят автосамосвалами и тракторными прицепами торф и укладывают кучами в ряд с расстоянием между ними 5 м. Затем привозят навоз и сгружают его между кучами торфа. Таким образом размещают три ряда куч навоза и торфа. После этого сначала сдвигают бульдозером два крайних ряда к среднему, а затем перемещают массу в двух противоположных направлениях и сгребают в большие штабеля.

Правильно приготовленные торфонавозные компосты по эффективности равноценны хорошему навозу (табл. 65).

Торфожижевые и торфофекальные компосты

Для лучшего сохранения питательных веществ навозной жижи, фекалия и повышения удобрительного действия торфа служат торфожижевые и торфофекальные компосты. Готовить их целесообразнее весной и летом.

Наиболее удобным является следующий способ. Торф укладывают в два сплошных смежных вала с таким расчетом, чтобы между ними образовалось корыто-видное углубление. Толщина слоев в местах соприкосновения двух валов должна быть около 40—50 см. Торцовые стенки делают вручную или бульдозером. В это углубление из автоцистерны АНЖ-2 или жижеразбрасывателя сливают жижу или фекалии.

Необходимо следить за тем, чтобы жидкость не протекала через боковые стенки углубления, не переливалась через края и не вытекала наружу. После того как жижа или фекалии поглотятся торфом, всю массу сгребают бульдозером в штабеля, которые не уплотняют. На 1 т торфа, в зависимости от его вида и влажности, берут 0,5—1 т навозной жижи или фекалий. В торфожижевые компосты желательно добавлять 1,5—2% фосфоритной муки от их веса. Для приготовления торфожижевых и торфофекальных компостов пригодны все типы торфа, за исключением карбонатного, содержащего большое количество свободной извести.

Торфожижевые и торфофекальные компосты обычно готовят в поле, на месте их применения. Торфожижевые компосты при весенней и летней заготовке созревают в течение 1—1,5 месяца. Такие компосты можно вносить в почву под любую культуру.

Торфофекальные компосты готовят также непосредственно на осушенном торфянике, расположенном вблизи от источников фекалий и удобряемого поля.

Фекалии обычно содержат азота и фосфора в 1,5 раза больше, чем навоз. Под зерновые культуры в качестве основного удобрения вносят 10—15 т/га торфофекального компоста, картофель, силосные и другие кормовые культуры — 20—25 т/га, овощные культуры — 30—40 т/га.

Очень важно, чтобы в торфофекальном компосте поднялась температура до 55—60°C. Под действием высо-

кой температуры в нем погибают яйца гельминтов и возбудители болезней. В тех случаях, когда в компосте температура ниже, его используют под картофель и овощные культуры только на второй год после закладки.

Компосты из торфа и навозной жижи, а также из торфа и фекалий по своей эффективности, как правило, равноценны навозу. Более высокое действие на урожай они оказывают в сочетании с фосфорными удобрениями.

При отсутствии торфа фекалии можно компостировать с землей, послойно укладывая их и сухую землю при соотношении 1:1.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Во многих районах РСФСР, особенно в лесостепной и степной зонах, остаются часто неиспользованными солома, непригодная в корм мякина и другие отходы производства. Из этих отходов можно готовить хорошее удобрение, увеличивая нормы расхода их в подстилку, а также использовать для переслаивания навоза.

Наиболее ценны солома и торф для подстилки в пастбищный период на временных полевых загонах скота. Для этого стоянку скота покрывают соломой или торфом слоем 20—30 см. Они смачиваются мочой животных, перемешиваются с калом и хорошо уплотняются. Благодаря атмосферным осадкам и влаге, которая подтягивается к слою навоза из почвы, солома быстро разлагается и в течение 1,5—2 месяцев на загоне образуется хороший полноценный навоз. После того как скот переведут на другое место, образовавшийся навоз с небольшим слоем земли сгребают бульдозером в штабеля. Однако в ряде хозяйств указанная рекомендация все же не гарантирует полного использования всех излишков соломы.

Солома

В соломе содержится сухого органического вещества немногим меньше, чем в навозе, применяемом для удобрения. Поэтому использование указанного резерва по-

полнения запасов гумуса в почве является весьма актуальным.

По данным полевых опытов ряда научных учреждений, запахивание в почву соломы в тех количествах, которые обычно остаются в поле после уборки (2—5 т/га), не всегда приводит к повышению урожая. Чаше урожай первой культуры не изменяется или незначительно понижается, а следующих культур несколько повышается от последствий соломы. При систематическом внесении эффективность соломы постепенно увеличивается.

Один из наиболее перспективных приемов использования излишков соломы — в качестве удобрения и мульчирования.

Химический состав соломы довольно широко изменяется в зависимости от почвенных и погодных условий. В среднем она содержит 0,5% азота, 0,25% фосфорного ангидрида, 0,8% окиси калия и 35—40% углерода в форме различных органических соединений. В соломе присутствует некоторое количество серы, кальция, магния и различных микроэлементов (бор, медь, марганец, молибден, цинк, кобальт и др.). Если излишки соломы запахивать в почву, то при средних урожаях зерновых культур на 1 га будет возвращаться 12—15 кг азота, 7—8 кг фосфора и 20—24 кг калия. Солома — также важный источник углерода для образования гумуса почвы и углекислоты для воздушного питания растений.

Положительные результаты получены при использовании соломы в качестве мульчи для борьбы с водной и ветровой эрозией. Мульчирование создает благоприятные условия для впитывания воды в почву, уменьшает, а иногда и полностью устраняет опасность поверхностного стока, способствует более равномерному распределению воды по поверхности почвы, улучшает структуру пахотного горизонта, ослабляет испарение влаги. При оставлении стерни и соломы на 40—60% снижается скорость ветра над поверхностью земли, вследствие чего уменьшается ветровая эрозия.

При небольших количествах (до 20 ц/га) солому заделывают в почву без предварительного измельчения вспашкой поперек валков. При большем количестве ее нужно предварительно измельчить и равномерно разбросать по полю. Для этой цели используют на уборке са-

моходный комбайн СК-4, оборудованный измельчителем соломы ИНК-30. При этом нужно так отрегулировать работу комбайна и измельчителя, чтобы ленты с соломой были более широкими.

При отсутствии измельчителя ИНК-30 урожай убирают комбайном без соломокопнителя. В этом случае обмолоченную солому укладывают валком следом за комбайном. Из валков солому подбирают, измельчают и разбрасывают по полю косилками-измельчителями КИР-1,5 или КИК-1,4.

После того как солому измельчат и разбросают по полю (лучше одновременно с уборкой), приступают к обработке почвы. Сразу запахивать солому на большую глубину нецелесообразно. Лучше сначала неглубоко заделать ее в почву дискованием или лущением на 8—10 см. В этом случае разлагаться солома будет энергичнее, без накопления токсических веществ, а также более интенсивно размножаться и работать свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы.

Все последующие обработки почвы проводят в соответствии с почвенно-климатическими условиями и биологическими особенностями возделываемых культур.

На полях, удобренных соломой, желательно размещать в первую очередь бобовые или пропашные культуры, а при посеве злаковых культур полезно увеличить дозу азотных удобрений из расчета 5—10 кг азота на 1 т соломы.

Дополнительное внесение азотных удобрений не только снимает возможное депрессивное воздействие соломы в первый год после внесения, но даже повышает общую эффективность удобрений. Азотные удобрения можно заменить полужидким бесподстилочным навозом из расчета не менее 6—8 т на 1 т соломы. При таком сочетании эти удобрения будут действовать не хуже обычного подстилочного навоза.

Сроки и техника внесения минеральных удобрений, как и в случае проведения обработок почвы, определяются местными условиями и особенностями удобряемых культур.

Применение соломы для удобрения улучшает физико-химические свойства почвы, уменьшает потери азота, повышает доступность фосфатов, в результате чего улучшаются условия питания растений.

Городской мусор

Весьма крупный, но мало используемый резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур — отбросы коммунальных хозяйств городов и рабочих поселков, многие органические отходы промышленных предприятий. Из отходов коммунальных хозяйств наиболее важное значение, кроме фекалий, имеет городской мусор. Только в городах Российской Федерации ежегодно накапливается около 6—7 млн. т мусора.

В таком мусоре содержится в среднем 0,6—0,7% азота, 0,6—0,8 калия и 0,5—0,6% фосфора в расчете на сухое вещество. Свежий мусор не рекомендуется применять в качестве удобрений, так как в нем могут содержаться патогенные микроорганизмы, яйца гельминтов.

До внесения в почву его подвергают компостированию при высоких температурах, при этом отбирают железо и стекло. Пригородные совхозы и колхозы могут значительно увеличить свои удобрительные ресурсы за счет покупки компостов из мусора,готавливаемых на установках городского коммунального хозяйства.

Действие компостированного мусора на урожай сельскохозяйственных культур примерно такое же, как навоза. Осеннее внесение в почву компоста из мусора более эффективно, чем весеннее.

Осадки сточных вод

На очистных сооружениях крупных городов получают большое количество осадков сточных вод. По удобрительной ценности осадки влажностью 75—80% не уступают навозу. В ближайшее время только на очистных сооружениях Москвы будет производиться до 9 млн. м³ жидких осадков в год. Около 25% этого количества осадков подвергнется термической сушке в целях повышения их транспортабельности. Химический состав сточных вод, по данным Люберецкой станции аэрации, приведен в таблице 66.

Практика колхозов и совхозов Московской области показала, что осадки сточных вод при умелом их использовании — высокоэффективное удобрение.

Осадки сточных вод с иловых площадок пригодны для удобрения любых сельскохозяйственных культур,

Средний состав осадков сточных вод
(в % на сухое вещество)

Осадок	Азот общий	Азот подвиж- ный	Фосфор (P_2O_5)	Калий (K_2O)	Каль- ций (CaO)	Маг- ний (MgO)
Сброженный осадок	3,07	0,27	2,33	0,21	3,48	—
Осадок, сброженный активным илом	3,95	0,70	3,70	0,18	3,29	0,96
Осадок после терми- ческой сушки	1,96	1,19	3,92	0,007	5,21	5,81

однако выгоднее использовать их под сахарную и кор-мовую свеклу, кукурузу на силос и под овощные куль-туры, употребляемые в пищу после термической обра-ботки. Термически высушенный осадок содержит зна-чительное количество извести и железа. Применение его под культуры, отзывчивые на известь (например, капу-сту), более эффективно, чем использование осадка с иловых площадок. Дозы осадков сточных вод могут ко-лебаться от 20 до 100 т/га в зависимости от их влажно-сти и удобряемой культуры.

Фекалии

Фекалии — моча и кал человека — представляют большую ценность по количеству и качеству содержа-щихся в них питательных элементов для растений (табл. 67).

Фекалии при хранении в выгребях подвергаются энергичному бактериальному воздействию. При этом разлагается мочеви́на и теряется большое количество азота. Потери его за шесть месяцев достигают 60% и более.

Лучший способ использования фекалий из выгребных ям — компостирование их с торфом или землей. При этом снижаются потери азота, устраняется зловонный запах, они обеззараживаются от возбудителей инфекци-онных и глистных заболеваний.

Для основного удобрения фекалии вносят в дозах 10—30 т, а в подкормку — 5 т/га, разбавляя их водой в 3—4 раза.

Таблица 67

Средний состав мочи и кала (в % на сырое вещество)

Питательные элементы	Моча	Кал	Смесь
Вода	94,8	77,2	93,0
Сухое вещество	5,2	22,8	7,0
Органическое вещество	4,2	19,4	5,7
Зола	1,0	3,4	1,3
Азот	1,0	1,6	1,1
Фосфор	0,15	1,23	0,26
Калий	0,18	0,55	0,22

Таблица 68

Состав различных видов золы, %

Виды золы	Фосфор (P_2O_5)	Калий (K_2O)	Известь (CaO)
Солома пшеничная	6,4	13,6	5,9
» ржаная	4,7	16,2	8,5
» подсолнечная	2,5	36,3	18,5
» гречишная	2,5	35,3	18,5
Дрова березовые	7,1	13,8	36,3
» ивовые	2,1	4,6	43,5
» сосновые	2,0	6,9	31,8
» еловые	2,4	3,2	25,3
Торфа	1,2	1,0	20

Зола

Она содержит все (кроме азота) питательные вещества, включая микроэлементы (табл. 68).

Применяют золу под картофель, овощные культуры, табак. Доза внесения золы зависит от содержания в ней фосфора и калия. Золу от сжигания соломы и дров вносят обычно в дозах 10—20 ц/га.

ЗИМНЕЕ ВНЕСЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Ежегодно около 65% органических удобрений колхозы и совхозы вывозят на поля в зимнее время. При стойловом периоде 6—7 месяцев продолжительность хранения навоза до момента внесения его в почву составляет в среднем 3—3,5 месяца. За это время навоз нередко теряет в хозяйственных условиях 30—35% своего веса и столько же азота.

В последние годы вопрос об эффективности зимнего внесения органических удобрений приобрел еще большую актуальность. В связи со строительством крупных животноводческих ферм промышленного типа и бесподстилочным содержанием животных возникла проблема строительства емкостей для хранения бесподстилочного навоза в течение всей зимы, что требует значительных капиталовложений. Кроме того, для внесения весной всего количества накопленного за зиму навоза требуется много цистерн-разбрасывателей.

Осеннее и весеннее применение бесподстилочного навоза весьма эффективно во многих районах нашей страны. Вопрос о влиянии зимнего применения навоза на урожай также достаточно изучен.

Результаты проведенных исследований позволяют повсеместно рекомендовать колхозам и совхозам зимнее внесение той части подстилочного навоза, которая из-за недостатка машин не может быть использована в короткий срок весной.

Вносить навоз зимой следует только навозоразбрасывателями по замерзшей почве и снежному покрову глубиной до 20 см при температуре воздуха до 10°C мороза. Недопустимо зимнее разбрасывание навоза на затопляемых участках, а также на склонах более 7°, где возможен смыв его талыми водами.

Организация работы. Для накопления, приготовления навоза, компостов и внесения их в почву важное значение имеет создание в каждом хозяйстве постоянных механизированных отрядов, бригад или звеньев.

Они должны быть оснащены погрузчиками, бульдозерами, тракторами, автомобилями-самосвалами и навозоразбрасывателями.

Ориентировочную потребность в транспорте (К) для

обеспечения высокой производительности погрузчика можно определить по формуле:

$$K = \frac{\Pi \cdot B}{\Gamma},$$

где Π — производительность погрузчика, т/ч;

B — время на один рейс вместе с простоями под погрузкой, разгрузкой и др., ч;

Γ — грузоподъемность транспортной единицы, т.

Перед внесением удобрений необходимо определить места укладки штабелей или куч в поле, устранить препятствия, мешающие работе агрегатов, отбить поворочные полосы, наметить линию первого прохода агрегата.

В зависимости от типа навозоразбрасывателя работают по однофазной или двухфазной технологии.

При однофазной технологии удобрения перевозят по полю в кузове навозоразбрасывателя, который одновременно их разбрасывает. Есть два варианта этой технологии — бесперевалочная и перевалочная.

По однофазной бесперевалочной технологии удобрения от животноводческих ферм доставляют в поле и сразу разбрасывают. При этом транспортировка их от фермы до поля навозоразбрасывателями снижает сменную производительность машин на разбрасывании. Однако затраты в расчете на 1 т разбросанного удобрения (по сравнению с затратами при перевалочной технологии) несколько уменьшаются, если расстояние от фермы до поля не превышает 1—1,5 км. Поэтому бесперевалочная технология может быть рекомендована для удобрения близлежащих к фермам полей при достаточном количестве в хозяйстве навозоразбрасывателей.

Наиболее распространена однофазная перевалочная технология, по которой удобрения вывозят в поле заблаговременно и хранят в штабелях. В этом случае навозоразбрасыватели используют только для разбрасывания удобрений, что значительно повышает их сменную производительность. Навозоразбрасыватель движется перпендикулярно ряду штабелей¹, удаляясь от него на половину длины рабочего хода. Затем он разворачивается

¹ При работе низкорамного разбрасывателя РПН-4 вместо ряда штабелей будет линия перевалки удобрения с самосвалов на РПН-4.

и, возвращаясь к штабелю, разбрасывает оставшуюся половину удобрений.

При этой технологии важно определить вес штабелей и расположить их на удобряемом поле так, чтобы холостые пробеги навозоразбрасывателей были минимальными. Оптимальный вес штабеля навоза или компоста, предназначенного для хранения в зимнее время, должен быть 60—100 т (при весе менее 60 т штабель сильнее промерзает). Если удобрения хранят летом, штабеля целесообразнее укладывать весом 20—40 т. При большем весе штабелей навозоразбрасыватели используются менее производительно.

В поле штабеля располагают рядами, места их укладки обозначают вешками. Расстояние между рядами штабелей (P_1) принимают равным длине рабочего хода навозоразбрасывателя, которую определяют по формуле:

$$P_1 = \frac{10000 \cdot G}{D \cdot Ш};$$

где G — грузоподъемность разбрасывателя, т;

D — доза удобрения, т/га;

$Ш$ — ширина захвата навозоразбрасывателя, м;

Первый ряд штабелей располагают, отступив от края поля на расстояние, равное половине длины рабочего хода навозоразбрасывателя, остальные ряды — параллельно первому с расстояниями между ними, равными длине рабочего хода навозоразбрасывателя (длина рабочего хода — это расстояние, которое проходит навозоразбрасыватель от начала разбрасывания до полного опорожнения кузова). На небольших полях при внесении малых доз удобрений большегрузными навозоразбрасывателями обычно бывает достаточно одного ряда штабелей посередине поля или даже на краю его.

Расстояние между штабелями в ряду (P_2) определяют по формуле:

$$P_2 = \frac{B \cdot Ш}{G};$$

где B — вес штабеля, т;

$Ш$ — ширина захвата навозоразбрасывателя, м;

G — грузоподъемность навозоразбрасывателя, т.

Двухфазную технологию применяют при внесении

органических удобрений роторными валкователями-разбрасывателями. По этой технологии удобрения сначала развозят по полю самосвалами и сваливают в кучи по 2—3 т, а затем разбрасывают роторными машинами, то есть работу выполняют в две фазы. Двухфазная технология имеет два варианта — бесперевалочный и перевалочный.

По двухфазной бесперевалочной технологии навоз и компосты вывозят с животноводческих ферм за один-два дня до разбрасывания в поле и раскладывают в кучи рядами. Эта технология рекомендуется для удобрения полей, близко расположенных к фермам.

По двухфазной перевалочной технологии вывозимые в поле удобрения сначала укладывают в штабеля для хранения. За один-два дня до разбрасывания их развозят по полю самосвалами и укладывают в кучи рядами. На развозку удобрений из штабелей выделяют большое количество транспорта, потому что производительность роторных валкователей-разбрасывателей очень высокая. Для их работы необходимо также правильно расположить кучи на поле. Расстояние между рядами должно быть равно рабочей ширине захвата валкователя-разбрасывателя с учетом необходимого перекрытия для равномерного разбрасывания удобрений.

Расстояние между кучами в ряду (P_3) определяют по формуле:

$$P_3 = \frac{10000 \cdot B}{D \cdot Ш};$$

где B — вес кучи, т;

D — доза удобрения, т/га;

$Ш$ — ширина захвата валкователя-разбрасывателя.
м.

Если вес кучи навоза превышает 3 т, то ее делят валкообразователем на две части и разбрасывают за два прохода агрегата: сначала одну часть, а при обратном проходе — другую. Соломистый навоз нужно разбрасывать за два прохода агрегата: при первом — формируют валок, а при втором — разбрасывают его.

Для равномерного распределения удобрений валкователи-разбрасыватели лучше использовать на плотной непаханной почве.

Зеленое удобрение (сидераты) — это удобрение надземной массой растений путем запахивания ее в почву. Зеленое удобрение — один из эффективных способов повышения плодородия почв и в первую очередь бедных дерново-подзолистых легкого механического состава.

На зеленое удобрение обычно высевают бобовые культуры (однолетний и многолетний люпины, белый донник, сераделлу). Они накапливают в результате азотфиксации большое количество азота.

При запашке высоких урожаев зеленой массы сидератов в почву попадает 150—200 кг/га азота, что равноценно 30—40 т навоза. Коэффициент использования азота зеленого удобрения (в первый год действия) вдвое выше, чем азота навоза. Бобовые сидераты обогащают пахотный слой усвояемым фосфором и калием.

Зеленое удобрение, обогащая песчаные и супесчаные почвы органическим веществом, повышает их связность, что улучшает водный режим почвы и жизнедеятельность почвенных микроорганизмов.

Прибавка урожая ржи от люпинового зеленого удобрения на песчаных почвах составляет 4,2 ц, супесчаных — 4,7 ц, на суглинистых — 7,7 ц/га. Высокая эффективность зеленого удобрения отмечается в центральной части нечерноземной зоны. Положительное действие зеленого удобрения даже на легких почвах не ограничивается одним годом, а длится в течение ряда лет (табл. 69).

Способы выращивания и использования сидератов

Существует ряд способов выращивания и использования сидератов. В зависимости от вида культуры и агрономической цели сидераты могут занимать поле в течение одного или нескольких вегетационных периодов (самостоятельные посевы), совместно с основной культурой или в ее междурядьях (уплотненные посевы), в течение короткого периода от уборки одной культуры до посева другой (промежуточные посевы).

Различают подсевную и пожнивную культуру сидератов. В первом случае подсевают сидераты (люпин, дон-

Действие зеленого удобрения на урожай культур севооборота
(данные Новозыбковской опытной станции ВИУА)

Пар	Запахано зеленой массы, ц/га	Средний урожай культур севооборота, ц/га			Суммар- ный уро- жай за севообо- рот, %
		рожь (за 23 го- да)	карто- фель (за 21 год)	овес (за 19 лет)	
Чистый (неудоб- ренный)	—	5,8	130,8	7,8	100
Люпиновый (не- удобренный)	179	11,2	184,7	9,7	145
Чистый (удобрен- ный)	—	11,9	149,1	9,0	129
Люпиновый (удобренный)	205	13,9	286,0	11,1	169
Сераделловый (неудобренный)	101	9,9	141,5	8,8	124

ник, сераделла) под предшествующую основную культуру, во втором — посев проводят после уборки.

Различают три основных способа использования зеленого удобрения:

полное — запахивается вся зеленая масса и корни;

укосное — используется зеленая масса, скошенная на другом участке;

отавная — основной урожай зеленой массы используется на корм, а на удобрение запахиваются корневые остатки и отросшая отава.

Выбор способов выращивания и использования зеленого удобрения зависит от почвенных, климатических и хозяйственных условий.

В центральных, западных и северо-западных районах сидераты выращивают в основном в течение всего вегетационного периода. В южных, юго-западных и орошаемых районах широко применяют пожнивные и промежуточные посевы бобовых культур.

Зеленое удобрение с успехом можно использовать в зоне достаточного увлажнения на всех почвах или в зоне орошаемого земледелия. Перспективно зеленое удобрение для орошаемых районов Поволжья.

ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Севообороты. Разработка и внедрение научно обоснованной системы удобрений в севообороты — решающее условие высокоэффективного использования удобрений.

Применение удобрений в севообороте увеличивает их эффективность на 20—30%. Результаты многолетнего опыта по действию удобрений в севообороте и при монокультуре на дерново-подзолистой суглинистой почве, заложенного в Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева по инициативе Д. Н. Прянишникова в 1912 г., особо ярко показывают положительную роль удобрений в севообороте (табл. 70).

Таблица 70

Действие удобрений на урожайность
сельскохозяйственных культур в севообороте

Урожай, ц/га	Озимая рожь		Картофель		Овес	
	без удоб- рений	НРК	без удоб- рений	НРК	без удоб- рений	НРК
В сево- обороте	14,1	21,9	88,4	160,6	13,9	18,5
При мо- нокуль- туре	7,3	12,2	76,2	154,2	7,9	11,7
Прибав- ка	6,8	9,7	12,2	6,4	6,0	6,8

Система удобрений для каждой культуры севооборота должна предусматривать необходимые виды и формы удобрений, целесообразные дозы, а также наиболее эффективные сроки и способы их внесения.

В современных условиях при разработке системы удобрений следует учитывать дальнейшую специализацию и концентрацию сельскохозяйственного производства, что вызвано необходимостью изменения структуры посевных площадей, пересмотра состава севооборотов и максимального насыщения их ведущими культурами.

В колхозах и совхозах нечерноземной зоны, специализирующихся на производстве зерна, зерновые, зернобобовые и крупяные культуры могут занимать более 60% площади севооборота. Открывается возможность увеличения посевов льна в семипольных севооборотах до двух полей, а в картофелеводческих хозяйствах насыщение севооборотов картофелем до 30% и выше.

В этих условиях применение удобрений должно носить свои специфические особенности, гарантирующие высокие и устойчивые урожаи. При этом большое значение имеет сочетание удобрений с пестицидами.

Известно, что сорняки приносят большой вред посевам зерновых колосовых, льна, кукурузы, картофеля. Они поглощают значительную часть питательных веществ удобрений, воды и затеняют культурные растения.

Рациональное сочетание гербицидов и удобрений способствует повышению урожаев и качества продукции сельскохозяйственных культур.

В последние годы для борьбы с устойчивыми сорняками в посевах озимых культур применяют гранулированный бутиловый эфир 2,4-Д в сочетании с гранулированными азотными удобрениями.

Почвенно-климатические и агротехнические условия. Эффективность удобрений максимальна при оптимальном удовлетворении растений всеми факторами жизни (свет, тепло, влага, воздушный режим и др.) в комплексе с другими приемами агротехники.

К основным условиям, влияющим на эффективность удобрений, следует отнести: климатические, уровень плодородия почв, дозы удобрений и соотношения в них питательных веществ, мелиоративные, противоэрозийные и агротехнические мероприятия, ассортимент применяемых удобрений, биологические особенности культур и др.

Климатические условия определяют главным образом степень обеспеченности растений теплом и влагой.

Для большинства полевых культур максимальная продуктивность обеспечивается при условии, если сумма

температур больше 10° за вегетационный период составляет не менее 3000° , а влажность почвы поддерживается на уровне 60—80% от полной полевой влагоемкости. В РСФСР такие условия климата характерны главным образом для лесолуговой и лесостепной зон. В остальных районах наблюдаются значительные отклонения климатических условий или в сторону недостатка тепла (северные районы) или недостатка влаги (южные и восточные районы), что определяет эффективность применяемых удобрений.

Для рационального распределения удобрений и разработки системы удобрений в соответствии с природными особенностями отдельных районов РСФСР необходимо учитывать основные почвенно-климатические зоны с резко различным характером действия удобрений.

По характеру увлажнения лесолуговая — влажная зона, лесостепная — полувлажная, степная — полусухливая, сухостепная с темно-каштановыми и каштановыми почвами — засушливая, полупустынная и пустынная со светло-каштановыми, бурыми и сероземными почвами — очень засушливая.

Для лесолуговой зоны характерно, что примерно в 80% случаев нет ущерба урожаю от засухи или он незначителен, в то время как в сухостепной зоне в 70% случаев урожай от засухи снижается на 40—50%.

По мере перехода от лесолуговой зоны к пустынной изменяется не только стабильность урожаев, но и эффективность удобрений (табл. 71).

Таблица 71

Действие полного минерального удобрения
в разных по увлажнению зонах

Зона	Прибавка урожая от NPK, ц/га				
	озимая пшеница	яровая пшеница	сахарная свекла	кукуруза на силос	травы естествен- ные
Лесолу- говая	8,0	4,8	—	100	21,3
Лесо- степная	7,3	3,8	76	74	16,3
Степная	5,0	2,7	78	53	—

Уровень плодородия почв РСФСР, то есть способность почвы обеспечивать растения питательными веществами, весьма разнообразен.

Азотное питание зависит от содержания в почве органического вещества и скорости его разложения.

В дерново-подзолистых почвах лесолуговой зоны содержание гумуса низкое и общее количество освобожденного азота в доступной для растений форме невелико. При переходе от лесолуговой зоны к лесостепной количество подвижных форм азота возрастает вследствие повышения содержания гумуса в почве. В сухой степи процент гумуса падает, но степень его разложения (особенно при наличии влаги) резко возрастает, что приводит к быстрому истощению почвы. Однако без полива освободившегося при разложении гумуса азота хватает для растений, так как при низких урожаях, получаемых в этих условиях, они усваивают питательные вещества (в первую очередь азот) в небольшом количестве.

Потребность в фосфорных и калийных удобрениях зависит от содержания подвижных форм этих элементов в почвах и степени их доступности растениям.

Значительная часть земель РСФСР содержит мало фосфора, причем доступность его при снижении влажности почвы в течение вегетационного периода падает и тем сильнее, чем ниже увлажненность данной зоны.

Небольшое количество фосфора в почве свидетельствует о низком уровне ее плодородия. Опытные и производственные данные указывают на тесную связь между содержанием фосфора в почве и уровнем урожая основных культур.

Для достижения оптимального содержания фосфора в почвах различной обеспеченности им требуется внесение значительного количества фосфорных удобрений. Потребность в них растений не только не снижается при переходе от лесолуговой к степной зоне, но несколько увеличивается.

В сухостепной зоне вследствие низких урожаев из-за дефицита влаги растения в удобрениях, в том числе и фосфорных, нуждаются слабо.

Потребность в калии на легких дерново-подзолистых почвах в связи с низким содержанием его значительна, по мере утяжеления механического состава почв она

снижается. В лесостепной и степной зонах почв с низким содержанием калия мало, а в почвах сухостепной зоны его достаточно для обеспечения урожаев без полива.

Следует отметить, что нечерноземная зона в первую очередь нуждается в снабжении минеральными удобрениями, так как другие агротехнические приемы не обеспечивают значительного роста урожайности основных сельскохозяйственных культур.

Основная особенность применяемых удобрений в РСФСР — уменьшение их влияния на урожай при переходе из нечерноземной в лесостепную и степную зоны. Эта закономерность прослеживается на многих культурах, распространенных в данных зонах (табл. 72).

В пределах европейской части РСФСР эффективность полного минерального удобрения в целом и азота в частности на озимой пшенице уменьшается с продвижением с северо-запада на юго-восток. Если на дерново-подзолистых почвах РСФСР прибавки урожая озимой пшеницы составляют 8—10 ц/га, то в лесостепной и черноземной зонах она падает на 3—4 ц/га. Наиболее высокая окупаемость удобрений под яровую пшеницу наблюдается в дерново-подзолистой зоне европейской части СССР, в лесостепи Зауралья и Восточной Сибири.

На дерново-подзолистых почвах наиболее эффективны азотные удобрения: прибавки урожая от доз азота 40—60 кг/га составляют 4—5 ц/га, а от полного минерального удобрения ($N_{60}P_{40}K_{40}$) — больше 6 ц/га.

В зоне выщелоченных черноземов основная роль принадлежит также азоту, хотя его эффективность несколько ниже, чем в зоне дерново-подзолистых почв.

В более засушливых степных областях, где распространены обыкновенные черноземы и каштановые почвы, уменьшается действие азота и возрастает значение фосфора.

Высокоэффективно полное минеральное удобрение в лесостепной зоне Зауралья: $N_{60}P_{40}K_{40}$ обеспечивает прибавку урожая 6—7 ц/га.

На обыкновенных черноземах Западной Сибири, где сосредоточена значительная часть посевов яровой пшеницы, основная роль в повышении урожая принадлежит фосфорным удобрениям.

Действие минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур

Почвы	Озимая пшеница			Яровая пшеница			Сахарная свекла			Кукуруза на силос	
	уро- жай без удоб- рения, ц/га	при- бавка урожа от удобре- ния, ц/га	доза NPK, кг/га	уро- жай без удоб- рения, ц/га	при- бавка урожа от удобре- ния, ц/га	доза NPK, кг/га	уро- жай без удоб- рения, ц/га	при- бавка урожа от удобре- ния, ц/га	доза NPK, кг/га	при- бавка урожа от удоб- рения, ц/га	доза NPK, кг/га
Дерново- подзоли- стые и подзоли- стые Серые лес- ные оподзо- ленные и выщелочен- ные черно- земы	22,3	9,1	60—40—40	11,9	6,4	60—40—40	281	110	120—75—80	103	80—55—55
Типичные, обыкновен- ные и юж- ные черно- земы	32,4	6,8	50—45—40	20,7	5,7	55—40—40	292	79	65—105—65	70	65—60—55
Каштановые (Юго-Во- сточный и Северный Кавказ)	29,3	6,1	40—60—30	16,4	2,3	20—50—20	256	48	55—65—60	44	50—55—40
	15,7	3,7	33—45—20	11,5	2,7	41—45—20	—	—	—	—	45—50—14

В лесостепях Восточной Сибири на серых лесных почвах и выщелоченных черноземах целесообразно применение азотных удобрений. Здесь прибавка урожая яровой пшеницы от дозы N_{40-60} составляет 5—6 ц/га, а от полного минерального удобрения — 7—7,5 ц/га.

В пределах лесостепной зоны европейской части РСФСР отмечается некоторое уменьшение эффективности полного минерального удобрения в восточных районах по сравнению с западными. Так, на выщелоченных черноземах Центрально-Черноземной области (ЦЧО) средняя прибавка урожая зерна яровой пшеницы от внесения 40 кг NPK составляет 4,6 ц/га, а на таких же почвах в Поволжье и Приуралье — 3,5 ц/га. В восточной лесостепи сравнительно невысокой отзывчивостью на удобрения отличаются почвы Ульяновской, Пензенской областей и некоторых районов Татарской и Башкирской АССР, где сильнее проявляется засушливость климата. В районах, лучше обеспеченных влагой, эффективность такая же, как в ЦЧО.

На черноземах типичных и обыкновенных ЦЧО прибавка урожая сахарной свеклы от внесения основного удобрения в дозах $N_{80-100} P_{80-100} K_{80}$ составляет 65—75 ц/га, а на черноземах обыкновенных Поволжского района при дозах $N_{50-60} P_{90-100} K_{50-60}$ — около 50 ц/га.

Если при движении от зоны к зоне происходят резкие изменения как свойств почвы, так и климата, то в пределах одной зоны в западной и восточной ее части изменения климата бывают не столь резки, а плодородие почв одного и того же типа может заметно колебаться. Это значительно затушевывает указанную закономерность.

Агротехнические условия возделывания сельскохозяйственных культур — один из главных факторов, определяющих эффективность применяемых удобрений. К этим условиям в первую очередь следует отнести состав предшественников и предшествующую удобренность полей, а также своевременность и качество проведения полевых работ, борьбу с сорняками, вредителями и другие мероприятия.

Влияние предшественников на эффективность удобрений показано в таблице 73.

Влияние минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы по разным предшественникам

Предшественник	Без удобрений, ц/га	С удобрениями		
		ц/га	прибавка	
			ц/га	%
Пар чистый и эс-парцетовый	41,9	56,0	14,1	34
Занятый пар (горох+овес)	32,8	48,1	15,3	47
Горох на зерно	28,2	43,8	15,6	55
Кукуруза на силос	24,1	33,4	9,3	38
Озимая пшеница	23,6	44,6	21,0	89

Примечание. Доза NP — 120 кг/га до посева озимой пшеницы.

УДОБРЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

ОЗИМЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Высокая эффективность минеральных удобрений проявляется на озимых зерновых культурах, особенно на озимой пшенице. Ареал возделывания озимой пшеницы охватывает в РСФСР нечерноземную зону, лесостепь и степь.

В степных районах (на Северном Кавказе и в Поволжье) основная роль в повышении урожайности озимой пшеницы принадлежит фосфорным и азотным удобрениям.

В этих районах на северо-приазовских, предкавказских карбонатных черноземах и обыкновенных черноземах увеличение дозы фосфорных и азотных удобрений до 40 кг обеспечивает прибавку урожая озимой пшеницы 1—3 ц/га, доза калия 40 кг — 0,5—1,5 ц/га.

В нечерноземной зоне под озимые зерновые необходимо вносить полное минеральное удобрение. Исследования показали, что средние дозы (40—60 кг/га) каждого из действующих веществ при высокой агротехнике позволяют получать урожай 30 ц/га озимой пшеницы и 20—25 ц/га озимой ржи. Указанные дозы удобрений

могут варьировать в зависимости от конкретных условий возделывания озимых культур.

Практика показывает, что как озимая рожь, так и озимая пшеница положительно реагируют на увеличение количества минеральных удобрений.

Хорошо отзывается на увеличение доз азота озимая пшеница, особенно ее высокопродуктивные сорта Мионовская 808. Так, на тяжелых дерново-подзолистых суглинках урожай озимой пшеницы сорта Мионовская 808 при дозе $N_{100}P_{50}K_{50}$ составлял 47,4 ц, $N_{150}P_{80}K_{80}$ — 55 ц/га, сорта ППГ-186 — соответственно 39,6 и 41,5 ц/га. Таким образом, широкое внедрение этого сорта в сельскохозяйственное производство нечерноземной зоны при достаточном обеспечении его удобрениями позволяет повысить урожайность зерна.

Под озимые зерновые культуры в нечерноземной полосе часто вносят по 20—30 т/га навоза, что способствует повышению урожая на 3—4 ц/га. Сочетание навоза и минеральных удобрений позволяет получать более высокие урожаи, чем использование только навоза или минеральных удобрений.

При посеве озимых зерновых по бобовым предшественникам (клеверищу, гороху, люпину) возможно уменьшение дозы азотных удобрений ввиду накопления бобовыми культурами азота в почве. Однако практика показывает, что озимая пшеница, высеваемая по бобовым предшественникам, хорошо отзывается на повышение дозы азотных удобрений (табл. 74).

Таблица 74

Урожай озимой пшеницы в зависимости от предшественника и дозы азотного удобрения

Предшественник	Урожай, ц/га			Прибавка урожая, ц/га	
	без азота	N_{30}	N_{60}	N_{30}	N_{60}
Люпин	18,4	22,9	27,1	4,5	8,7
Горох	16,1	22,4	25,7	6,3	9,6
Овес	13,1	16,1	20,9	3,0	7,8

Поэтому уменьшение доз азота под озимые хлеба, идущие по бобовым предшественникам, может быть оп-

равдано только тем, что на фоне бобовых предшественников при меньших дозах азота могут быть получены такие урожаи, как на фоне небобовых предшественников при более высоких дозах азота.

Черноземная зона европейской части РСФСР — основной район производства зерна озимых культур и в первую очередь озимой пшеницы. Большое разнообразие климатических условий этой зоны требует особого учета таких факторов, как удобрение, сорт и предшественник, определяющий в основном величину урожая и, следовательно, валовой сбор зерна.

Рассмотрим действие удобрений на урожай озимых культур в лесостепи.

По данным многих исследований, прибавка урожая озимой пшеницы от внесения 40—60 кг/га азота, фосфора и калия составляет 5—7 ц/га. При урожае 30—35 ц/га в этой зоне в целом хорошо действуют азотные удобрения, особенно при возделывании пшеницы по занятым парам и непаровым предшественникам. Азотные удобрения в дозах 40—60 кг/га обеспечивают прибавку зерна 3—5 ц/га, фосфорные и калийные — 2—3 ц/га.

Навоз в этой зоне повышает урожай пшеницы на 2—4 ц/га, эффективность минеральных удобрений на фоне навоза остается высокой.

На выщелоченных черноземах Воронежской области прибавка урожая зерна озимой пшеницы от навоза, используемого под предшественник кукуруза на силос, составляет 3—4 ц/га, от минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{45}K_{30}$, внесенных непосредственно под пшеницу, на безнавозном фоне — 10 ц, на навозном — свыше 11 ц/га.

В лесостепной зоне при возделывании пшеницы по таким предшественникам, как кукуруза, вико-овсяная смесь, применяют полное минеральное удобрение в дозах 40—60 кг/га питательных веществ, а при наличии удобрений увеличивают дозы азота, фосфора (до 90 кг/га).

При выращивании пшеницы по гороху и особенно по клеверу дозы минеральных удобрений можно ограничить 40—60 кг/га.

Чистые пары в этой зоне относительно мало распространены. Озимая пшеница и озимая рожь, культивируемые на чистых парах, нуждаются в основном в фос-

фосфорно-калийных удобрениях. На типичном черноземе Воронежской области прибавка урожая зерна озимой пшеницы, идущей по чистому пару, от внесения фосфорно-калийных удобрений в дозах $P_{40}K_{40}$ составляет 2—4 ц/га.

В лесостепной зоне целесообразно внесение полного минерального удобрения в средних дозах 40—80 кг/га каждого из элементов питания.

В степных районах РСФСР значительные площади заняты также озимой пшеницей. Прибавка урожая этой культуры от применения полного минерального удобрения в дозах $N_{40}P_{40-60}K_{40}$ составляет 5—7 ц/га.

Степная зона не совсем однородна по почвенно-климатическим условиям, что сказывается на размерах урожая. В более увлажненных ее районах (Краснодарский и частично Ставропольский края) прибавка урожая пшеницы от применения удобрений составляет 7—10 ц/га, а в засушливых районах (значительная часть Ростовской области, Ставропольского края, Поволжья) — 3—4 ц/га.

Эффективность различных видов минеральных удобрений неодинакова в сухие и сравнительно влажные годы. Фосфорные удобрения устойчиво увеличивают урожай озимой пшеницы во все годы при посеве по всем предшественникам. В засушливые годы по сравнению с влажными абсолютные прибавки урожая от этих удобрений несколько меньше. Высокая эффективность фосфорных удобрений объясняется низким содержанием подвижного фосфора в почве, мобилизация которого из форм, труднодоступных растениям, особенно при недостатке влаги, протекает слабо. Растения, получившие добавочное фосфорное питание, обладают большей зимостойкостью, засухоустойчивостью и продуктивностью. Таким образом, эффективность фосфорных удобрений находится в обратной зависимости от содержания подвижных фосфатов в почве.

Наиболее высокие урожаи в степной зоне получают в Краснодарском крае. Здесь на выщелоченных черноземах при возделывании пшеницы по непаровым предшественникам, как правило, основное значение имеют азотные удобрения в сочетании с фосфорно-калийными. Оптимальные дозы этих удобрений следующие: азота 60—90 кг (до 120 кг), фосфора 45—60 кг (до 90 кг),

калия 30—40 кг (до 60 кг). Эффективность различных видов и доз удобрений в посевах озимой пшеницы сорта Безостая 1 в разные годы можно проследить по данным таблицы 75.

Таблица 75

Влияние удобрений на урожай озимой пшеницы
Безостая 1 на северо-приазовских и предкавказских черноземах

Удобрение	Сухие годы (1935, 1937, 1939)			Сравнительно благоприятные годы (1936, 1938, 1970, 1971)		
	урожай, ц/га	прибавка		урожай, ц/га	прибавка	
		ц/га	%		ц/га	%
Предшественник — кукуруза на силос						
Без удоб						
ренний	14,0	—	—	34,4	—	—
N	14,9	0,9	6	36,7	2,3	7
P	16,4	2,4	17	37,3	2,9	8
NP	16,6	2,6	19	38,6	4,2	12
PK	18,4	4,4	31	38,5	4,1	12
NPК	17,9	3,9	28	40,1	5,7	17
Предшественник — озимая пшеница						
Без удоб						
ренний	9,7	—	—	33,5	—	—
N	10,1	0,4	4	37,2	3,7	11
P	11,7	2,0	21	36,7	3,2	10
NP	11,9	2,2	23	38,7	5,2	15
PK	12,8	3,1	32	38,6	5,1	15
NPК	12,9	3,2	33	40,9	7,4	22

Примечание. Дозы удобрений составляют: N и P_2O_5 — 30—40 и K_2O — 20—40 кг/га

В черноземной степи Поволжья на хорошо обработанных чистых парах под влиянием нитрификации в почве накапливается от 70 до 120 кг/га нитратного азота. Озимые культуры на таких парах лучше отзываются на применение фосфорных удобрений.

Средняя прибавка урожая озимой пшеницы от внесения в рядки P_{10} — P_{15} составляет 1,8 ц, озимой ржи — 1,6 ц/га. Калийные и азотные удобрения существенно не влияют на их урожай.

В сильно засушливых районах Поволжья, Северного Кавказа основную роль в увеличении урожайности озимой пшеницы играют фосфорные удобрения. Применение их в чистом пару повышает урожай пшеницы на 1,5—2,5 ц/га.

Навоз в дозе 15—20 т/га обеспечивает прибавку урожая этой культуры на 1,5—2 ц/га. На фоне навоза сохраняется положительное действие фосфорных удобрений. Так, на светло-каштановой почве внесение 20 т навоза и 60 кг суперфосфата повышает урожай озимой пшеницы на 1,8 ц/га.

Дозы удобрений под озимую пшеницу и озимую рожь в зависимости от содержания в почве подвижных форм фосфора и калия и планируемого урожая на дерново-подзолистых, суглинистых и серых лесных почвах при обычных метеорологических условиях нечерноземной зоны РСФСР представлены в таблице 76.

В таблицах 77—79 показано примерное распределение удобрений в полевых севооборотах европейской части РСФСР с озимой пшеницей и рожью.

ЯРОВЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Яровая пшеница — основная продовольственная культура. Более 90% посевов сосредоточено в восточных районах (в Сибири, Казахстане, Поволжье) и на Украине. В структуре посевных площадей яровая пшеница занимает здесь 50—55%.

В таблице 80 показано влияние минеральных удобрений на урожай пшеницы в различных зонах страны.

В нечерноземной зоне прибавки урожая яровой пшеницы получают преимущественно за счет применения азотного удобрения.

На выщелоченных черноземах Зауралья и Восточной Сибири и на серых лесных почвах Западной и Восточной Сибири при сравнительно хорошей их увлажненности прибавка урожая обеспечивается в большей мере азотными удобрениями при довольно высокой эффективности фосфорных. Для этой зоны перспективно под яровую пшеницу применение азотно-фосфорных удобрений.

На обыкновенных черноземах Поволжья, обыкновенных и выщелоченных черноземах Западной Сибири при

Дозы 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

Урожай, ц/га	Дозы азотных удобрений, кг/га	Дозы фосфорных удобрений при содержа- нии P_2O_5 в почве (по Кирсанову, мг/100 г почвы) кг/га			Дозы калийных удобрений при содержа- нии K_2O в почве (по Масловой, мг/100 г почвы) кг/га			Дозы органи- ческих удобрений, т/га
		до 5	5—10	более 10	до 8	8—12	более 12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Озимая пшеница								
20—25	50—60	70—80	50—60	40—50	70—80	50—60	30—40	30—40
26—30	70—80	70—80	70—80	50—60	70—80	70—80	30—40	30—40
31—35	90—100	90—100	90—100	50—60	90—100	70—80	30—40	30—40
36—40	100—110	90—100	90—100	60—70	100—110	70—80	50—60	30—40
41—45	110—120	*	90—110	60—70	*	70—80	50—60	30—40
46—50	110—120	*	90—110	70—80	*	70—80	70—80	30—40
51—55	120—130	*	110—120	80—90	*	80—90	70—80	30—40
Озимая рожь								
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 урожаи не планируются

Таблица 77

Распределение удобрений в полевом зерно-картофельном севообороте (для дерново-подзолистой среднесуглинистой, среднекультуренной почвы)

Культуры севооборота	Навоз, т/га	Основное внесение (до посева), кг/га			При посеве в рядки (при посадке в борозды), кг/га			Подкормка, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Однолетние травы на зеленый корм	—	90	60	60	—	—	—	—	—	—
Озимая пшеница	20	30	60	40	—	10	—	60	—	—
Ячмень + травы	—	40	120	120	—	10	—	—	—	—
Травы 1 г. п.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Травы 2 г. п.	—	—	—	—	—	—	—	40—60	60	60
Озимая пшеница	—	30	40	40	—	10	—	60	—	—
Картофель	20	90	60	120	20	20	20	—	—	—
Овес	—	60	40	40	—	10	—	—	—	—

Таблица 78

Распределение удобрений в полевом зернопропашном севообороте (для дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы)

Культура севооборота	Навоз, т/га	Основное внесение (до посева), кг/га			При посеве в рядки (при посадке в борозды), кг/га			Подкормка, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Занятый пар (картофель ранний)	30	60	60	90	20	20	20	—	—	—
Озимая пшеница	—	30	40	40	—	10—15	—	60	—	—
Ячмень + клевер	—	40	90	120	—	10—15	—	—	—	—
Клевер	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Картофель	30	60	60	90	20	20	20	—	—	—
Зернобобовые	—	30	60	60	—	10	—	—	—	—
Озимые	—	30	50	60	—	10—15	—	60	—	—
Яровые	—	60	40	40	—	10	—	—	—	—

Распределение удобрений в полевом севообороте на песчаных почвах.

Культуры севооборота	Навоз, т/га	Основное удобрение (до посева), кг/га			При посеве в рядки (при посадке в борозды), кг/га			Подкормка, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Люпин на корм и удобрение	—	—	40	60						
Озимая рожь	—	—	40	30	—	10—15	—	60	—	—
Картофель	20	20	40	60	20	20	20	—	—	—
Яровые	—	40	20	40	—	10—15	—	—	—	—
Люпин, се- раделла на корм и удо- брение	—	—	40	40	—	—	—	—	—	—
Озимая рожь	20	—	40	20	—	10—15	—	60	—	—
Люпин на зерно	—	—	40	60	—	—	—	—	—	—
Яровые	—	40	20	20	—	10—15	—	—	—	—

Дозы удобрений в таблицах 77—79 должны корректироваться в зависимости от обеспеченности почв питательными веществами.

высоком естественном плодородии их и неустойчивом увлажнении урожайность пшеницы повышается от внесения азотных и фосфорных удобрений с некоторым преимуществом последних.

В засушливых районах на обыкновенных и южных черноземах и темно-каштановых почвах прибавка урожая обеспечивается почти исключительно за счет фосфорных удобрений.

Наибольшую прибавку урожая пшеницы (6 ц/га) получают от внесения азотных удобрений на выщелоченных черноземах Зауралья (табл. 80). В увлажненных районах Поволжья и Западной Сибири на серых лесных почвах, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземах минеральные удобрения повышают уро-

жай этой культуры на 3—6 ц/га, в Восточной Сибири — на 4—5 ц/га.

Таблица 80

Действие минеральных удобрений на урожай яровой пшеницы в различных зонах страны

Почвы зон	Урожай без удобрений, ц/га	Прибавка, ц/га					
		азот, кг/га		фосфор, кг/га		калий, кг/га	НРК, кг/га
		40	60	40	60	40	по 40
Дерново-подзолистые европейской части СССР	13,2	3,2	4,4	0,9	1,8	0,5	4,8
Выщелоченные черноземы европейской части СССР	24,4	2,8	3,2	1,0	0,7	1,2	3,8
Обыкновенные черноземы Поволжья	17,6	1,5	—	1,5	2,1	0,8	2,7
Выщелоченные черноземы Зауралья	24,5	4,4	5,5	—	—	—	—
Там же	22,9	—	—	2,9	4,1	—	—
Обыкновенные и южные черноземы Северного Казахстана	12,7	—	—	1,7	2,6	—	—
Выщелоченные черноземы Западной Сибири	14,8	1,2	—	2,5	1,5	0,5	3,4
Выщелоченные и обыкновенные черноземы Восточной Сибири	23,6	2,8	3,2	1,4	1,5	0,6	4,2
Серые лесные почвы Восточной Сибири	19,9	3,3	5,9	1,8	3,1	2,2	6,8

В засушливых районах Сибири и Поволжья на черноземах и каштановых почвах прибавки урожая составляют 2—4 ц/га.

Таблица 81

**Примерные дозы минеральных удобрений
под яровую пшеницу**

Зона, почвы	Доза, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Нечерноземная зона европейской части РСФСР			
Дерново-подзолистые почвы	40—80	40—50	40
Серые лесные почвы	40—60	40—50	40
Поволжье			
Выщелоченные черноземы	40—60	40	40
Обыкновенные черноземы	40	60	40
Зауралье			
Выщелоченные черноземы	50—70	40—60	40
Западная Сибирь			
Выщелоченные черноземы	20—40	60	20—30
Восточная Сибирь			
Выщелоченные черноземы	20—40	60	20—30
Выщелоченные и обыкновенные черноземы	40—50	40	20—40
Серые лесные почвы	60	60	40

В таблице 81 приведены примерные дозы минеральных удобрений под яровую пшеницу в различных районах РСФСР.

Опыт показывает, что действие удобрений не ограничивается одним годом, а проявляется в последующем. Например, на дерново-подзолистых почвах европейской части СССР, черноземах Зауралья и Казахстана последствие фосфорных удобрений в первый год равноценно их первоначальному действию.

В основных районах возделывания яровой пшеницы лучшим ее предшественником считается чистый пар. В связи с тем, что в паровом поле накапливается значи-

тельное количество нитратов, применение азотных удобрений под яровую пшеницу, как правило, прибавок не дает. Удобрение пшеницы по пару ограничивается внесением фосфора при посеве в рядки в дозе 10—20 кг/га или под основную обработку в дозе 60—80 кг/га, а на песчаных почвах, кроме того, применением калия.

При посеве яровой пшеницы по другим предшественникам (зерновые, кукуруза, многолетние травы) отмечается действие азота тем существеннее, чем дальше в ротации поле с пшеницей удалено от пара. Это положение подтверждается многолетними данными опытных учреждений Северного Казахстана и степных районов Сибири.

Внесение азотных удобрений на паровом фоне не дает положительного результата.

В степных районах азотные удобрения не действуют на повышение урожая по всем предшественникам. По обобщенным данным научных учреждений Сибири и Казахстана, в среднем за 30 последних лет прибавка урожая от внесения азота под яровую пшеницу достигает максимума 2—3 ц/га в подтаежной зоне на серых лесных и особенно на дерново-подзолистых почвах.

На выщелоченных черноземах Зауралья при посеве яровой пшеницы по фону зерновых азотные удобрения повышают ее урожай на 4—6 ц/га. Максимальный эффект от этих удобрений получается по фону зяби при посеве яровой пшеницы в ранний срок. Пшеница поздних сроков слабее реагирует на внесение азотных и фосфорных удобрений. На фоне чистого пара азотные удобрения не повышают урожайность позднеспелых сортов пшеницы и слабо влияют на урожай раннеспелых ее сортов. Более требовательные к водному и пищевому режиму раннеспелые сорта пшеницы во всех случаях, в том числе и при внесении удобрений, лучше развиваются на фоне чистого пара и существенно снижают урожай на зяби после зернового предшественника. Так, на фоне зяби без удобрений раннеспелый сорт Комета, посеянный в ранний срок, существенно уступает по урожаю позднеспелому сорту Искра. На фоне пара разница в урожае между сортами сглаживается, а при доп. внесении удобрений более высокий урожай дает раннеспелый сорт.

Наибольшие прибавки от небольших доз азотных удобрений получают при посеве яровой пшеницы по кукурузе. Высокие дозы азота более эффективны при посеве пшеницы после пшеницы.

Азотные удобрения, как правило, малоэффективны при размещении пшеницы на пару и по гороху, но они дают значительные прибавки урожая по предшественнику кукурузе.

Лучшие предшественники яровой пшеницы в Зауралье — кукуруза, горох и озимая рожь. Например, средний урожай яровой пшеницы Саратовская 29 по кукурузе составляет 16,8 ц, гороху — 14 ц, озимой ржи — 13,7 ц, а по пшенице — только 10,2 ц/га. Те же закономерности прослеживаются и на других сортах яровой пшеницы.

Наибольшие прибавки урожая яровой пшеницы по предшественникам — озимая рожь и яровая пшеница — получены от азотных, фосфорных, горох — от фосфорных, кукуруза — от калийных удобрений.

Ячмень, овес. Исследования и производственный опыт показывают, что в увлажненных районах на дерново-подзолистых почвах азотные удобрения в дозе 60 кг повышают урожай ячменя на 5—7 ц/га, на черноземах — 3—4 ц/га, а фосфорные удобрения влияют менее значительно.

Высокая эффективность азота отмечается при внесении под овес (табл. 82).

В нечерноземной зоне прибавка урожая ячменя от азотных удобрений составляет 9—10 ц/га при средней оплате 1 кг NPK 6 кг зерна, или 1,4 ц зерна на 1 ц стандартных туков.

Наибольшая прибавка урожая (10—12 ц/га) получена на дерново-подзолистых почвах Прибалтики, Полесской зоны Украины, в Северо-Западном и Волго-Вятском экономических районах.

На неокультуренных дерново-подзолистых почвах при достаточном увлажнении хороший урожай зерна и сбор протеина дает овес, а на окультуренных почвах — ячмень. Поэтому в условиях возрастающего уровня химизации при посеве зерновых культур на фураж в отдельных случаях целесообразно часть яровой пшеницы заменить ячменем и овсом.

Действие минеральных удобрений на урожай овса в различных зонах страны

Почвы, зона	Урожай без удоб- рений, ц/га	Прибавки урожая, ц/га								
		азот, кг/га			фосфор, кг/га			калий, кг/га		
		20	40	60	20	40	60	20	40	60
Дерново - подзо- листые супесча- ные (Северо - За- падный район, БССР, Централь- ный район)	17,1	3,9	5,0	5,8	1,0	0,5	1,1	—	0,4	—
Дерново - подзо- листые супесча- ные (Волго-Вят- ский район)	16,6	1,9	5,4	8,0		—0,1		—	1,0	0,4
Дерново - подзо- листые тяжело- суглинистые (Вол- го - Вятский рай- он)	16,9	6,5	11,2	18,6	0,4	3,0	1,6	—	1,5	—
Слабовыщелочен- ный чернозем (По- волжский район, Ульяновская об- ласть)	33,1	4,7	5,0	7,8	2,7	1,2	1,1	—	2,4	
Выщелоченный чернозем (Зау- ралье, Курган- ская область)	22,1	—	6,3	9,0	1,5	—	—	—	—	—

О сравнительной эффективности минеральных удобрений при внесении под яровую пшеницу, ячмень и овес можно судить по данным таблицы 83.

КУКУРУЗА

В большинстве районов РСФСР кукурузу возделывают как силосную культуру.

Она очень требовательна к плодородию почвы. При урожае зеленой массы 500 ц/га кукуруза потребляет 140 кг азота, 44 кг фосфора и 180 кг калия. Повышенные требования кукурузы к условиям питания и свойствам почвы можно удовлетворить размещением ее на хорошо окультуренных почвах с достаточным применением удобрений.

Система удобрения кукурузы на силос должна строиться с учетом способов ее возделывания. Она лучше использует удобрения в кормовом севообороте по сравнению с бессменной культурой (табл. 84).

Высокие урожаи зеленой массы кукурузы можно получить при использовании органических удобрений: на дерново-подзолистых почвах — 30—40 т, пойменных и серых лесных почвах — 20—30 т, выщелоченных черноземах — 15—50 т/га. При этом необходимо вносить только перепревший навоз, так как свежий солоmistый мало эффективен. Лучший срок внесения органических удобрений — осенью под зябь. Кукуруза хорошо использует действие навоза, внесенного под предшествующую культуру. При невозможности заделки навоза под зябь допустимо внесение его под весеннюю перепашку зяби.

Систематическое применение навоза способствует накоплению в почве фосфора и калия, поэтому в первую очередь следует дополнительно вносить азотные удобрения (1—1,5 ц/га аммиачной селитры).

Фосфорные удобрения можно совсем не применять или их дозы уменьшать в 1,5—2 раза, если органические удобрения компостировать с фосфоритной мукой и почва хорошо окультурена.

При размещении кукурузы на слабоокультуренной почве в первые 2—3 года навоз необходимо дополнять полным минеральным удобрением в равных дозах.

В нечерноземной зоне можно получить хорошие урожаи зеленой массы кукурузы от применения только

Сравнительная эффективность минеральных удобрений
при внесении под яровую пшеницу, ячмень и овес (ц/га) ¹

Почва, зона	Яровая пшеница		Ячмень		Овес	
	урожай без удобрений	прибавка от NPK	урожай без удобрений	прибавка от NPK	урожай без удобрений	прибавка от NPK
Дерново - подзолистая, европейская часть СССР	13,2	4,8	19,2	7,0	16,9	11,2
Выщелоченные и обыкновенные черноземы, европейская часть СССР	21,9	3,4	21,9	7,4	33,1	9,7
Черноземы Зауралья	24,5	6,3	21,8	12,5	22,2	9,0
Выщелоченные черноземы, Восточная Сибирь	23,6	4,2	12,3	7,9	15,1	11,5

¹ Дозы удобрений: N₄₀₋₆₀ P₄₀₋₆₀ K₄₀₋₆₀

Продуктивность кукурузы в зависимости от удобрения
и способа выращивания

Удобрение	Продуктивность, ц/га	Монокультура	Севооборот
Без удобрений	Сухое вещество	107,7	145,9
	Сырой протеин	8,4	12,4
N ₄₅ PК	То же	232,8	329,4
		19,9	26,5
N ₉₀ PК	» »	295,1	387,6
		25,8	34,8
Навоз+РК	» »	286,5	371,9
		24,5	29,6
Навоз+N ₉₀ PК	» »	358,9	439,2
		34,1	41,5

минеральных удобрений, но с обязательным известкованием кислых почв (3—4 т/га извести).

Положительно влияет на начальный рост и развитие растений кукурузы рядковое внесение фосфора (8—10 кг/га).

Подкормка кукурузы особенно полезна при недостаточных дозах основного удобрения. Ее обычно проводят по всходам, совмещая с первой культивацией. При подкормке вносят до 1 ц/га аммиачной селитры, 1—1,5 ц суперфосфата и 0,5 ц хлористого калия. Кукурузу можно подкармливать навозной жижей (3—5 ц/га) с добавлением в нее 1—1,5 ц/га суперфосфата. При необходимости проводят повторную подкормку, состав и сроки которой зависят от состояния растений.

Наиболее высокая прибавка урожая зеленой массы кукурузы получается от азотных удобрений (табл. 85).

Положительное действие минеральных удобрений, особенно на легких почвах, проявляется также на фоне (10—40 т/га) навоза.

Применение удобрений под кукурузу особенно эффективно при густоте стояния растений 120—140 тыс/га и более. Увеличение густоты с 60 до 140 тыс/га растений повышает урожай зеленой массы гибрида Буковинский 3 на неудобренном поле с 361 до 440 ц, а при внесении N₁₁₀P₁₃₅K₁₄₀ — с 456 до 687 ц/га.

Урожай зеленой массы кукурузы, ц/га

Почвы	Урожай		Прибавка при дозах N (фон РК)			Урожай, НК + фон	Прибавка при дозах P_2O_5 (фон НК)			Урожай, NP	Прибавка, при дозах K_2O (фон NP)		
	навоз 10—10 т/га — фон	РК + фон	60	90	120		60	90	120		60	90	120
Супесчаные	416	426	52	—	—	458	20	44	—	456	13	2	—
Суглинистые	329	376	—	67	—	439	5	—	—	425	—	18	—
Серые лесные	317	331	47	38	54	362	16	9	—	381	—3	6	2
Черноземы выщелоченные	325	336	38	65	—	381	—7	—6	—	354	—	—	—

При загущении посевов кукурузы необходимо обращать особое внимание на создание высокого фона удобрений.

В РСФСР кукурузу на зерно возделывают на предкавказских черноземах Северного Кавказа, обыкновенных и южных черноземах, темно-каштановых почвах Юго-Востока и в некоторых других районах. Кукуруза требовательна к фосфорному удобрению. При внесении на черноземах с осени суперфосфата в дозе 30—45 кг/га урожай сухого зерна увеличивается на 1,5—3 ц/га. Однако в отдельные годы азотные удобрения дают на этих почвах более высокие прибавки урожая, чем фосфорные.

На всех орошаемых землях Юга и Юго-Востока, особенно на каштановых и светло-каштановых почвах Поволжья, значительно увеличиваются урожаи зерна кукурузы от удобрений, содержащих азот. Так, на орошаемых землях Поволжья прибавка урожая зерна от внесения $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$ составляет 18—20 ц, Северного Кавказа — 14—16 ц/га, при урожайности кукурузы соответственно 60 и 90—100 ц/га.

На предкавказских черноземах Ростовской области при сочетании полива с применением азотных и фосфорных удобрений урожай кукурузы увеличивается более чем в 3 раза: без удобрений и полива он составляет 46,8 ц, с поливом — 109 ц, с поливом и внесением по 60 кг/га азотных и фосфорных удобрений — 143 ц/га.

В среднем полное минеральное удобрение на мощных и выщелоченных черноземах центральных областей черноземной зоны РСФСР увеличивает урожай зерна кукурузы на 7,5—8,0 ц/га. При внесении умеренных доз удобрений урожай достигают 40 ц, а в отдельных случаях они превосходят 50 ц/га.

В составе полного минерального удобрения на черноземах этой зоны большая роль принадлежит фосфору.

ПРОСО И ГРЕЧИХА

Просо усиленно потребляет питательные вещества в сравнительно короткий период времени — от кущения до созревания.

В начальный период просо использует гораздо меньше питательных веществ, чем овес и ячмень. Усвоение питательных веществ у него по сравнению с более ранними яровыми культурами приходится на теплый период времени.

Более высокое действие удобрений под просо проявляется в условиях орошения. Высокоэффективно рядковое внесение гранулированного суперфосфата в дозе 10—15 кг/га. Просо хорошо использует питательные вещества навоза и минеральных удобрений, внесенных под предшествующую культуру.

Гречиха менее требовательна к повышенному плодородию почвы. Корневая система ее может использовать труднодоступные формы питательных веществ почвы, особенно фосфатов. Поэтому отзывчивость гречихи на удобрения значительно слабее, чем других культур. На бедных же питательными веществами почвах и в условиях достаточного увлажнения гречиха хорошо реагирует на удобрения. Она положительно отзывается на бесхлорные формы калийных удобрений.

ЗЕРНОБОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Зернобобовые культуры способны усваивать азот из воздуха, а другие питательные вещества, и прежде всего фосфор,— из труднодоступных почвенных соединений. Это в значительной мере определяет их отношение к пищевому режиму почвы.

Горох используется в основном для продовольственных целей. Эта культура характеризуется высокими темпами усвоения питательных веществ в первый период развития, в основном до цветения.

Для возделывания гороха требуются хорошо или среднеокультуренные почвы, оптимальная кислотность которых близка к нейтральной. Он хорошо реагирует на последствие органических удобрений, поэтому лучше размещать его после удобренных предшественников. Почвы с кислотностью выше 5,0—5,5 следует известковать полными дозами извести под предшествующую культуру или непосредственно под горох (заябь). Целесообразны под горох магниевые удобрения, что способствует увеличению его урожайности на 15—20%.

Известкование повышает эффективность минеральных удобрений, из которых решающее значение принадлежит фосфорным или фосфорно-калийным.

При определении доз минеральных удобрений следует учитывать окультуренность почвы, содержание в ней подвижных питательных веществ и предшествующую удобренность поля. Оптимальные дозы фосфорных удобрений под горох — 40—60 кг и калийных — 60—90 га; более высокие дозы, как показала практика, нецелесообразны.

Весьма эффективный прием — рядковое внесение гранулированного суперфосфата: средняя прибавка зерна гороха от P_{10} на дерново-подзолистой и серой лесной почвах составляет 1,4 ц/га.

Что касается форм фосфорных удобрений, то горох одинаково хорошо использует фосфор из суперфосфата и фосфоритной муки. Из калийных удобрений он несколько предпочитает сернокислый калий.

Вопрос азотного питания гороха более сложен, и решение его не может быть однозначным для различных почвенно-климатических условий. При оптимальных условиях возделывания (устранение избыточной кис-

лотности, необходимое зольное питание, нитрагинизация) горох усваивает из воздуха до 60—65% азота и около одной трети использует его из почвы.

На почвах средней окультуренности при создании условий для процесса азотификации под горох на зерно целесообразно вносить 30—40 кг/га азота. На почвах же слабоокультуренных дозы азотных удобрений рекомендуется увеличить до 50—60 кг/га.

Обязательным приемом при возделывании гороха является нитрагинизация семенного материала.

Вика — одна из основных кормовых культур нечерноземной зоны. Она высевается, как правило, в смеси с овсом и используется на сено, силос, зеленый корм и зерно.

По своим биологическим особенностям и требованиям к условиям возделывания вика близка к гороху, хорошо развивается на почвах, ранее унавоженных, или же при непосредственном применении органических удобрений. Кислые почвы необходимо известковать в дозах по 1,0 гидrolитической кислотности.

Вику и вико-овсяную смесь чаще всего используют в качестве парозанимающих культур, поэтому удобрение их навозом или компостами обязательно, особенно, если почвы недостаточно окультурены. Очень часто дозы органических удобрений под вико-овсяные смеси удваиваются.

Дозы и формы фосфорно-калийных удобрений под вику такие же, как и под горох: P_2O_5 — 40—60 и K_2O — 60—90 кг/га. При посеве вики на недостаточно окультуренных почвах применяют гранулированный суперфосфат.

Вика относится к категории слабых фиксаторов атмосферного азота, поэтому внесение минерального азота здесь весьма целесообразно. Оптимальные дозы азотных удобрений при использовании вики и ее смесей на корм находятся в пределах 40—60 кг/га, дальнейшее их увеличение не рекомендуется, так как развитие наиболее ценного компонента смеси — бобовой культуры может быть подавлено.

При возделывании вики на зерно на среднеокультуренных почвах азотные удобрения надо вносить в дозе 20—40 кг/га, чтобы избежать сильного полегания; на

низкоплодородных почвах дозы могут быть увеличены до 50—60 кг/га.

Желтый кормовой люпин возделывается на песчаных почвах на корм и для повышения плодородия почвы.

Для люпина первостепенное значение имеет достаточное количество калия в питательной среде; уменьшение фосфора не влияет отрицательно на его рост и развитие. Содержание азота в почве не имеет решающего значения, так как люпин в основном удовлетворяет свою потребность в этом элементе из атмосферного азота.

Заметную роль в питании люпина играют магневые удобрения: они увеличивают урожай, улучшают его качество, положительно влияют на процесс фиксации атмосферного азота (увеличивают его длительность и повышают интенсивность).

Люпин является весьма своеобразной культурой по отношению к кальцию. Кальций необходим в значительных количествах для роста, и в то же время повышенное содержание его в почве отрицательно действует на развитие растений. Оптимальная реакция почвы для люпина — pH 5,0—5,5.

Изучение действия разных форм фосфорно-калийных удобрений показало, что под люпин следует вносить умеренные дозы: 30—40 кг P_2O_5 и 60—90 кг K_2O , дальнейшее их увеличение нецелесообразно. На разные формы фосфорных удобрений люпин почти не реагирует, в равной степени используя фосфор из суперфосфата и фосфоритной муки.

Люпин хорошо отзывается на все формы калийных удобрений, но наибольший эффект оказывают сернокислый калий и калий магнезиальных удобрений.

Люпин — сильный азотфиксатор. При создании условий для азотфиксации (оптимальный режим влажности, зольное питание, внесение активных рас клубеньковых бактерий) он потребляет из воздуха 80% и более необходимого ему азота, поэтому в дополнительном внесении азотных удобрений, как правило, не нуждается.

При известковании почвы с одновременным посевом люпина нужно соблюдать осторожность и известь вносить только в определенных дозах. Отрицательное влия-

ние извести на люпин может быть полностью устранено при внесении в качестве известкового материала доломитовой муки или добавлением к извести магния. При известковании следует вносить послойно повышенные дозы фосфорно-калийных удобрений: известь и калийные удобрения в нижний слой (под вспашку), а фосфорные — в верхний (под культивацию).

Магниевые удобрения действуют положительно на люпин. Внесение их особенно необходимо на глубоких песчаных почвах, которые характеризуются низким содержанием магния по всему профилю. Влияние минеральных удобрений возрастает на фоне магниевых удобрений или доломитовой муки.

Например, на дерново-подзолистой почве урожай люпина без удобрений составляет 18,6 ц, при внесении $P_{45}K_{60}$ — 20,6 ц, доломитовой муки + $P_{45}K_{60}$ — 22,2 ц/га.

При возделывании люпина обязательна нитрагинизация семенного материала, в новых районах люпиносеяния следует в 2—3 раза увеличить дозы нитрагина. Отдельные неудачи с посевами люпина в этих условиях чаще всего бывают обусловлены отсутствием в почве клубеньковых бактерий.

В повышении урожайности и улучшении качества зернобобовых культур большая роль принадлежит молибдену. Он принимает активное участие в процессах фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями, участвует в углеводном и фосфорном обменах, увеличивает содержание хлорофилла и витаминов в растениях, способствует накоплению сахаров и белков.

При недостатке доступного молибдена в почвах (менее 0,15 мг/кг почвы) растения сильно страдают: листья приобретают бледно-желтую окраску и отстают в росте, в их междоузлиях появляются хлоротичные пятна, которые затем буреют и отмирают. Внесение молибденовых удобрений полностью устраняет эти заболевания. Растения хорошо развиваются и дают урожай хорошего качества.

Молибденовые удобрения применяют на кислых дерново-подзолистых почвах, осушенных кислых торфяниках, серых лесных и других почвах, бедных усвояемыми формами молибдена. Применение молибденовых удобрений на известкованных почвах менее эффективно, так

как извѣсть переводит почвенный молибден в легкодоступные для растений формы. Средняя прибавка урожая зерна гороха составляет 2—3 ц, а сѣна вики — 7—9 ц/га. Наиболее экономичный способ применения молибдена — предпосевная обработка семян. На 1 ц гороха и вики расходуют 25—50 г молибденовоокислого аммония, растворенного в 1,5—2,0 л воды. Семена высыпают на брезент и опрыскивают этим раствором из ранцевого опрыскивателя или лейки с тонким ситом, подвергая их многократному перелопачиванию с тем, чтобы раствор не стекал, а полностью впитывался семенами. После обработки семена тщательно просушивают,

КАРТОФЕЛЬ

Картофель — одна из ведущих культур в нечерноземной зоне РСФСР. На 1 т клубней в среднем при урожае 120—150 ц/га картофель выносит около 5 кг азота, 1,7 кг фосфора, 7 кг калия, 2 кг магния и 4 кг кальция. Для получения высоких урожаев картофеля применяют минеральные и органические удобрения, дозы которых дифференцируют в зависимости от механического состава почвы, предшественников и скороспелости сорта.

На дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах эффективность навоза (20—30 т/га) и минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{120}$) почти одинакова, прибавки составляют соответственно 55 и 52 ц/га; на суглинистых почвах минеральные удобрения имеют преимущество перед навозом (прибавки от навоза — 53 ц, от $N_{90}P_{60}K_{60}$ — 72 ц/га). Близкое действие питательных веществ навоза и минеральных удобрений дает возможность использовать разные приемы их сочетаний.

Максимальные урожаи картофеля можно получить при сочетании минеральных и органических удобрений: на дерново-подзолистых песчаных, супесчаных и суглинистых почвах при внесении 20—30 т/га навоза и $N_{90}P_{60}K_{60}$ урожай клубней составляет 250—300 ц/га.

При использовании повышенных доз минеральных удобрений (NPK)₁₂₀₋₁₅₀ такие же урожаи картофеля

выращивают без применения навоза. Эффективность повышенных доз туков на суглинистых почвах выше, чем на супесчаных.

Таблица 86

Дозы минеральных удобрений под картофель в зависимости от предшественников

Предшественник	Фон	Доза, кг/га		
		N	P	K

Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы

Зерновые (озимые и яровые)	Без удобрения	60	60	120
	Навоз 30—40 т	60	60	60
Бобово - злаковые смеси (многолетние и однолетние) и зернобобовые	Без удобрения	60	90	60—120
	Навоз 20—30 т	60	60	60

Дерново-подзолистые суглинистые почвы

Зерновые (озимые и яровые)	Без удобрения	90	90	90
	Навоз 20—30 т	90	60	60
Бобово-злаковые смеси (многолетние и однолетние) и зернобобовые	Без удобрения	90	60	60
	Навоз 20—30 т	60	60	60

На серых лесных почвах без навоза лучшей дозой является $N_{90}P_{60}K_{60}$, на фоне навоза — $N_{60}P_{60}K_{60}$; на выщелоченных черноземах на безнавозном фоне — $N_{60}P_{60}K_{60}$, а на фоне навоза — $N_{60}P_{60}K_{90}$. Для Центрально-Черноземного района на выщелоченных черноземах по безнавозному фону рекомендуется доза $N_{60}P_{90}K_{40} - 60$; Дальневосточного района на дерново-луговых почвах по фону навоза — $N_{90}P_{60}K_{60}$, а без навоза — $N_{60}P_{60}K_{60}$.

В хозяйствах, в которых картофель имеет значительный удельный вес в посевной площади, лучшие предшественники — зернобобовые, однолетние и многолетние бобово-злаковые смеси и пропашные культуры. В таблице 86 приведены дозы минеральных удобрений под картофель в зависимости от предшественников.

При внесении удобрений необходимо учитывать сортовые особенности картофеля. Ранние сорта более отзывчивы на минеральные удобрения, чем позднеспелые, которые лучше используют питательные вещества навоза и почвы (табл. 87).

Таблица 87

Дозы минеральных удобрений в зависимости от скороспелости сортов картофеля

Сорта картофеля по скороспелости	Фон	Доза, кг/га		
		N	P	K

Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы

Ранние	Без удобрения	90	60	60
	Навоз	90	60	60
Поздние	Без удобрения	60	60	60
	Навоз	60	60	60

Дерново-подзолистые суглинистые почвы

Ранние	Без удобрения	90	90	90
	Навоз	90	60	60
Поздние	Без удобрения	90	60	60
	Навоз	60	60	60

При выборе предшественников и сортов картофеля по их скороспелости следует иметь в виду, что одновременное применение минеральных удобрений и наво-

за обеспечивает получение более высоких урожаев картофеля, чем внесение одних минеральных удобрений.

ЛЕН

Лен отличается высокой требовательностью к наличию питательных веществ в почве в легкодоступной форме из-за слабо развитой корневой системы. Наибольшее количество питательных веществ лен потребляет от фазы «елочка» до цветения.

На 1 ц волокна лен выносит из почвы в среднем 7—8 кг азота, 3—4 кг фосфора, 7—10 кг калия, а на образование 1 ц воздушно-сухого вещества общего урожая (соломки, семян и мякины) — соответственно 1,11—1,17, 0,31—0,33 и 1,45—1,72 кг.

Лучшие для льна почвы — хорошо окультуренные с мощным пахотным слоем и слабой кислотностью (рН 5—6) легкого и среднего механического состава.

В зависимости от предшественников на разных по механическому составу дерново-подзолистых почвах дозы минеральных удобрений варьируют в пределах $N_{30-60}P_{60-90}K_{90-120}$. Такие дозы обеспечивают прибавки урожая льносоломки около 8—12 ц/га.

При выращивании льна необходимо преобладание фосфорно-калийных удобрений над азотными. В противном случае лен полегает и качество льноволокна ухудшается.

Эффективность минеральных удобрений под лен-долгунец изучали на дерново-подзолистых почвах в Центральном и Северо-Западном районах РСФСР и на легкосуглинистых — в Белоруссии. Лен высевали по разным предшественникам, но преимущественно после зерновых культур, заправленных навозом, в отдельных случаях — по клеверищу. Результаты показали, что лен-долгунец дает наибольшую прибавку урожая семян (0,8—1,2 ц/га) и соломки (7—9 ц/га) от внесения полного минерального удобрения.

САХАРНАЯ СВЕКЛА

Сахарную свеклу как техническую культуру возделывают главным образом в черноземной зоне, а также в южных районах нечерноземной зоны РСФСР.

Она очень требовательна к условиям питания. С урожаем 350—400 ц/га корней свеклы и 180—250 ц/га ботвы выносятся из почвы 110—150 кг азота, 50—70 кг фосфора и 150—190 кг калия. По данным научно-исследовательских учреждений, на каждые 100 ц корней из почвы отчуждается около 60 кг азота, 20 кг фосфора и 70—80 кг калия.

Дозы минеральных удобрений под сахарную свеклу определяют в зависимости от типа почвы, наличия в ней подвижных питательных веществ, количества атмосферных осадков и уровня применения органических удобрений. Практика показывает, что хорошая доза азота на черноземах 90 кг, на серых лесных почвах — 120 кг/га. Норма фосфорных удобрений обычно должна быть выше и в среднем для черноземной зоны составлять 110—130 кг/га. Доза калия увеличивается с продвижением на северо-запад зоны, так как обеспеченность почв обменным калием здесь уменьшается. На обыкновенных черноземах лучшей дозой будет 60 кг, типичных и выщелоченных — 90 кг и на серых лесных почвах — 120 кг/га.

Совместное использование навоза и минеральных удобрений позволяет получать наиболее высокие урожаи корней сахарной свеклы и с высокой сахаристостью. В последние годы для колхозов и совхозов РСФСР рекомендуются повышенные дозы минеральных удобрений под сахарную свеклу.

Например, в лесостепи Центральной черноземной области при внесении полного минерального удобрения ($N_{135}P_{170}K_{120}$) урожай корней сахарной свеклы увеличился с 236 до 357 ц/га. При этом сахаристость корней оставалась на одном уровне (18,8 и 18,7%).

ПОДСОЛНЕЧНИК

На всех подтипах черноземных почв подсолнечник наиболее отзывчив на азотно-фосфорные удобрения. На тяжелых по механическому составу почвах в качестве основного удобрения рекомендуются азотно-фосфорные в дозе 60 кг/га действующего вещества каждого элемента.

На песчаных и супесчаных почвах к азотно-фосфорным следует добавлять калий в той же дозе.

Удобрения, внесенные при вспашке, обеспечивают на почвах со средним содержанием подвижного фосфора и высоким обменного калия прибавку урожая 2—3 ц/га.

Применение азота на фоне фосфорно-калийных удобрений несколько снижает содержание жира в семенах вследствие повышения урожайности. Однако сбор масла с 1 га увеличивается. Кроме того, возрастает содержание в подсолнечнике сырого протеина.

При недостатке удобрений предпочтительно вносить при посеве подсолнечника нитроаммофос в дозе 1 ц/га. При отсутствии его можно применять гранулированный суперфосфат или нитрофоску из расчета 10 кг/га P_2O_6 .

КОНОПЛЯ И КОРИАНДР

Конопля предъявляет высокие требования к элементам питания. Урожай 100 ц/га общей массы конопли выносит из почвы 160—200 кг азота, 50—60 кг фосфора и 100—120 кг калия. В течение вегетации фосфор потребляется растениями равномерно, в то время как азот и калий наиболее интенсивно поглощаются в период от начала бутонизации до конца цветения.

Конопля наиболее отзывчива на азотные удобрения и несколько меньше на фосфорные. Прибавки от применения калийных удобрений обычно невелики. Опыт показывает, что путем правильного подбора доз в сочетании питательных веществ можно существенно увеличить урожай и улучшить качество волокна. Качество волокна особенно важно для зеленцово-й конопли, так как по сравнению с волокном матери при двустороннем использовании оно значительно снижается.

Под коноплю с осени вносят под вспашку 120 кг азота и по 90 кг/га фосфора и калия. При сочетании применения навоза и минеральных удобрений дозу последних уменьшают до 60 кг/га. Норма навоза обычно составляет 30—40 т/га.

Кориандр характеризуется неравномерным поглощением элементов питания в течение вегетации. Особенно энергичное поступление их отмечается в последнюю треть вегетации. Такое явление объясняется одновременным развитием у кориандра вегетативных и генеративных органов, интенсивность которых резко возрастает во вторую половину лета.

Корианд наиболее отзывчив на азот. Под основную обработку почвы можно вносить удобрения в дозе $N_{30} - 40$ $P_{45} \dots 60$ $K_{30} - 40$.

МАХОРКА

Махорка потребляет большое количество питательных веществ и очень отзывчива на удобрения. На 1 ц урожая она выносит из почвы 3 кг азота, 0,8 кг фосфора и 3,5 кг калия.

На мощных и обыкновенных черноземах при средней обеспеченности их подвижными формами питательных веществ дозы удобрений составляют: азот 90 кг, фосфор и калий по 60 кг/га.

На легких и выщелоченных черноземах под махорку вносят 120 кг азота, 60 кг фосфора и 90 кг калия.

При возделывании махорки на семена применяют под вспашку полное удобрение $N_{90}P_{120}K_{90}$.

ТАБАК

Табак дает высокие и лучшего качества урожаи при возделывании его в специальных табачных севооборотах. В РСФСР эту культуру выращивают в значительных количествах на Северном Кавказе.

Азотное питание — один из основных факторов, определяющих не только величину урожая, но и качество табака. При его недостатке задерживаются рост и развитие растений, снижаются урожай и качество продукции. В то же время при избытке азота растения бурно развиваются, увеличивается содержание в листьях никотина, азота и белков, а количество углеводов снижается, что ухудшает качество табачного сырья.

Фосфорные удобрения при рациональном применении способствуют более раннему цветению растений, созреванию листьев, и улучшению их качества. Они смягчают отрицательное действие избыточных доз азотных удобрений, уменьшают содержание в листьях никотина, азота и белковых веществ и увеличивают количество углеводов.

Важным элементом питания табака является калий. Он способствует лучшему развитию растений табака, накоплению углеводов и улучшению качества продукции.

На оподзоленных супесчаных почвах Краснодарского края использование удобрений в оптимальных дозах повышает урожай табака на 3—4,5 ц, выщелоченных черноземах — на 3—4 и слитых — на 4,5—6,5 ц/га.

На Северном Кавказе табак возделывают на темно-серых и серых лесостепных оподзоленных почвах, бурых лесных слабокислых и оподзоленных и перегнойно-карбонатных.

Для черноземов и темно-серых лесостепных почв, на которых выращивают в основном крупнолистный табак сорта Остролист и Переможец, рекомендуются дозы удобрений: азота 60 кг, фосфора 50 кг, калия 100 кг/га, для остальных почв — $N_{30-45} P_{90} K_{90-100}$.

Калийные удобрения под табак следует вносить в форме сернокислого калия или калимагнезии. Хорошее действие проявляет калийная селитра. Из хлорсодержащих калийных удобрений допускается применение лишь хлористого калия. Его вносят только с осени под глубокую вспашку в количестве, не превышающем 1 ц/га туков.

Навоз целесообразно применять под озимую пшеницу, предшествующую табаку, из расчета 15—20 т/га совместно с половинной дозой минеральных удобрений.

ОВОЩНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Овощные культуры составляют неоднородную группу растений, отличающихся своим отношением к внешним условиям, — температуре, свету, влаге и питанию. Это требует дифференцированной разработки приемов агротехники и, в частности, системы удобрения.

Большинство овощных культур хорошо отзывается на слабокислую и нейтральную реакции почвы. Поэтому почвы с повышенной кислотностью и невысокой степенью насыщенности основаниями следует известковать.

Наиболее отзывчивы на известкование и непосредственное внесение извести свекла и капуста кочанная. Лук, огурцы, салат и шпинат лучше удаются в условиях последствий извести. Менее требовательны к известкованию горох, сельдерей, цветная капуста и совсем мало — редис, редька, репа, помидоры, картофель.

Примерные годовые нормы удобрений под овощные культуры на почвах нечерноземной зоны
(минеральные удобрения, кг/га; навоз, т/га)

Культура	Супеси и суглинки				Пойменные почвы				Низинные торфяники		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз или ком- пост	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз или ком- пост	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Капуста средняя и поздняя	90—120	60—90	120—180	20—30	45—90	45—60	120—180	—	30—60	45—60	180—270
Капуста ранняя и цветная	90—120	40—60	90—120	15—20	45—60	45—60	90—180	—	—	—	—
Огурцы	45—60	60—90	60—90	40—80	45—60	45—60	90—150	30—50	—	—	—
Помидоры	60—90	90—120	90—120	—	45—60	60—90	120—150	—	—	—	—
Лук	45—90	45—60	60—90	20—30	45—60	45—60	90—120	—	0—45	45—60	120—180
Свекла столовая	60—90	60—90	120—180	—	45—60	45—60	150—200	—	0—45	45—60	120—180
Морковь столовая	60—90	60—90	90—150	15—20	45—60	45—60	150—200	—	0—45	45—60	120—180
Овощные бобовые	0—30	60—90	60—90	—	0—30	60—90	60—90	—	—	60—90	90—120

Примерные нормы удобрений на овощные культуры на почвах центрально-черноземной зоны
(минеральные удобрения, кг/га, навоз, т/га)

Культура	Полевые почвы				Пойменные почвы			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз или компост	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз или компост
Капуста кочанная и цветная	60—90	60—90	90—120	20—30	45—90	60—90	90—120	—
Огурцы	45—60	45—60	30—60	40—60	30—60	45—60	60—90	20—30
Помидоры	60—90	90—120	60—80	—	45—60	60—90	60—120	—
Перцы	60—90	60—90	45—60	20—30	60—90	60—90	60—90	—
Баклажаны	90—120	60—90	60—90	—	60—90	60—90	60—90	—
Лук на репку	45—60	45—60	45—60	20—30	45—60	45—60	60—120	15—20
Свекла столовая	60—100	60—100	60—90	—	60—90	60—90	90—120	—
Морковь	60—90	60—90	60—90	—	60—90	90—120	90—120	—
Бобовые овощные	0—60	60—90	30—60	—	0—30	40—60	60—90	—

В овощном севообороте с посевом многолетних трав известь лучше вносить под травы, а в овощном звене севооборота — под свеклу или кочанную капусту. Эффективность известкования возрастает на удобренных почвах.

Положительное действие извести в овощных севооборотах проявляется сильнее не на первой культуре после внесения, а на последующих в течение ряда лет.

Примерные нормы удобрений под овощные культуры приведены в таблицах 88—90.

Таблица 90

Примерные годовые нормы удобрений под овощные культуры на черноземных почвах Западной Сибири (минеральные удобрения, кг/га; навоз, т/га)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Навоз или компост
Капуста кочанная и цветная	90—135	60—90	90—135	
Огурцы	45—60	60—90	45—60	30—40
Помидоры	60—90	90—135	60—90	
Лук на репку	45—60	45—60	45—60	20—30
Столовая свекла	60—90	60—90	60—90	—
Морковь	40—60	30—60	60—90	20—30
Овощные бобовые	0—30	45—60	30—60	—

ПЛОДОВЫЕ И ЯГОДНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Плодовые и ягодные культуры весьма требовательны к питанию. Однако их потребность в питательных веществах резко изменяется в течение вегетационного периода.

Для этих культур характерно два периода поглощения питательных веществ: весенне-летний (высокий уровень поглощения элементов питания, особенно азота) и летне-осенний (усиленный рост корней, развитие плодовых почек для урожая будущего года).

Неодинаково также питание плодовых и ягодных культур в различные возрастные периоды. В период вегетативного роста большое значение для ускорения пло-

доношения имеет фосфор (в составе полного удобрения), а в период плодоношения для обеспечения нормального роста и высокой урожайности — полное минеральное удобрение.

В молодых садах применяют местное удобрение в приствольные круги и полосы. Поэтому норму минеральных удобрений, навоза или компоста на одно дерево устанавливают в соответствии с возрастом насаждений и площадью приствольных кругов (табл. 91).

При раздельном внесении минеральных и органических удобрений под молодые плодовые деревья, указанные в таблице 93, дозы увеличивают в 1,5 раза.

В плодоносящих садах удобрения применяют на всей площади насаждений (табл. 92).

В садах, где в течение ряда лет использовали полное минеральное удобрение, фосфор и калий можно вносить один раз в три года, ограничиваясь ежегодным применением одних азотных удобрений. При посеве бобовых растений в качестве сидератов в междурядьях садов норму азота в год использования зеленого удобрения уменьшают в 2 раза.

На приствольных полосах удобрения заделывают на глубину 10—12 см (во избежание повреждения крупных корней), в междурядьях семечковых насаждений — 18—20 см, косточковых — 15—16 см.

Значительно повышается эффективность фосфорно-калийных удобрений при очаговом их внесении в лунки, канавки, скважины шприцем или гидробуром с водой на глубину 25—50 см (в зависимости от глубины залегания верхнего яруса корней деревьев), а также на дно борозды при зяблевой вспашке.

В кустарниковых ягодниках в первые два-три года после посадки применяют местное удобрение под куст, а в последующие годы (после вступления растений в фазу плодоношения) — под куст и в широкие прикустовые полосы или на всю площадь насаждения. Заделывают удобрения при вспашке прикустовых полос на глубину 15—16 см, а в рядках — 10—12 см. На плантациях земляники удобрения вносят под культивацию и мотыжение на глубину 5—8 см или в бороздки по периферии корневой системы растений — 8—10 см.

При отсутствии органических применяют одни минеральные удобрения. При этом в молодых садах нормы

Средние нормы минеральных и органических удобрений при совместном их внесении на одно дерево в молодых садах (г. д. в.)

Порода плодовых	Год после посадки сада	Диаметр приствольных кругов, м	Минеральные удобрения												Навоз или компост
			северная зона			средняя зона			южная зона						
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	орошаемые сады			неорошаемые сады			
									N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Семечковые и косточковые	1—2-й	1,5—2,0	15	18	15	12	15	12	18	18	15	9	12	6	10—15
То же	3—4-й	2,5	25	30	25	20	25	20	30	30	25	15	20	10	15—20
» »	5—6-й	3,0	35	42	35	28	35	28	42	42	35	21	28	14	20—30
Семечковые	7—8-й	3,5	48	58	48	38	48	38	58	58	48	29	38	19	30—40
То же	9—10-й	4,0	62	75	62	50	62	50	75	75	62	38	50	25	40—50

Средние нормы удобрений для плодоносящих садов

Зона плодородства, почва	Сочетание минеральных удобрений с органическими	Минеральные удобрения, кг/га			Навоз или компост, т/га
		N	P ₂ O	K ₂ O	
Северная зона и западная часть средней зоны; дерново-подзолистая	Совместно с навозом	45—60	40	45—60	20—30
	При летнем посеве сидератов без внесения навоза	70—80	50	70—80	—
	При внесении органических удобрений через год, а в промежуточный год только NPK	90	60	90	30—40
Средняя зона: центральная и приволжская части, чернозем	Совместно с навозом	40—50	40	40—50	10—15
	При летнем посеве сидератов без внесения навоза	60	50	60	—
	При внесении органических удобрений через год, а в промежуточный год только NPK	70—80	60	70—80	20—30
Южная зона: районы, достаточно обеспеченные влагой, и орошаемые сады засушливых районов	Совместно с навозом	60—75	50	40—50	15—20
	При летнем или ранне-осеннем посеве сидератов без внесения навоза	60—100	60	50—60	—
	При внесении органических удобрений через год, а в промежуточный год только NPK	60—100	60	50—60	—
Южная зона: неорошаемые сады засушливых районов	Совместно с навозом	120	80	80	30—40
	При летнем или ранне - осеннем посеве сидератов без внесения навоза	30	20	20	20
	При внесении органических удобрений через год, а в промежуточный год только NPK	40	30	30	—
		60	40	60	30—40

Средние нормы удобрений для ягодных культур

Зона плодородства, почва	Советание минеральных удобрений с органическими	Минеральные удобрения, кг/га			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	навоз или компост, т/га
Земляника и малина					
Северная зона и западная часть средней зоны; дерново-подзолистая	Совместно с навозом	40—50	60	50—60	20—30
	Навоз вносят через год, а в промежуточный год NPK	60	60	60	30—40
Средняя зона: центральная и приволжская части; чернозем	Совместно с навозом	40	50	40	15—20
	Навоз вносят через год, а в промежуточный год NPK	50	60	50	30
Южная зона: районы, достаточно обеспеченные влагой, и орошаемые участки засушливых районов	Совместно с навозом	40—50	60	40	20—30
	Навоз вносят через год, а в промежуточный год NPK	60—70	60	40—50	30—40

Смородина и крыжовник

Северная зона и западная часть средней зоны; дерново-подзолистая	Совместно с навозом	60	60	60	20—30
	Навоз вносят через год, а в промежуточный год NPK	90	90	90	40
Средняя зона: центральная и приволжская части; чернозем	Совместно с навозом	40—50	40—50	40—50	20
	Навоз вносят через год, а в промежуточный год NPK	60—75	60—75	60—75	30

повышают на 25—50% по сравнению с плодоносящими, в плодоносящих садах и на ягодниках применяют удобрения в наибольших дозах, указанных в таблицах 92—93 для соответствующей плодовой зоны,

ВИНОГРАД

В РСФСР виноград возделывают в основном на Северном Кавказе и в Ростовской области.

Существенные прибавки урожая винограда можно получить при внесении 90—120 кг/га каждого элемента минерального удобрения.

На перегнойно-карбонатных почвах и карбонатных черноземах черноморской зоны наибольший урожай даст также применение полного минерального удобрения в повышенных дозах ($N_{90}P_{100} - 120K_{100} - 120$).

Внесение питательных веществ на глубину 45—50 см (в зону максимального расположения активных корней) на выщелоченных черноземах способствует повышению урожая на 33—36%.

Лучшие формы минеральных удобрений для растений винограда — мочевины, аммиачная селитра, суперфосфат, сернокислый калий, а также бесхлорные сложные удобрения.

Для неукрывной зоны виноградарства наиболее эффективно осеннее внесение удобрений, а для укрывной зоны они полезны и весной.

Молодые корнесобственные и привитые насаждения винограда должны получать удобрения дважды: заправочные (перед посадкой) и после вступления в плодоношение с периодичностью раз в два-три года. В более старшем возрасте (10—15 лет), когда урожай стабилизируется, необходимо ежегодное удобрение.

В таблицах 94—95 приведены примерные системы удобрения виноградников для Краснодарского края.

УДОБРЕНИЕ ПОЛЕВЫХ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Несмотря на огромные резервы кормов, которые могут дать сенокосы и пастбища при улучшении и правильном их удобрении, необходимо учитывать, что в

Примерная система удобрения виноградников в черноморской зоне на перегнойно-карбонатных и бурых лесных почвах

Среднегодовое количество осадков, мм	Урожайность, ц/га	Плодоносящие насаждения		Молодые посадки	
		минеральные удобрения, кг/га	органические удобрения, т/га	минеральные удобрения, кг/га	органические удобрения, т/га
Более 600	Более 100	$N_{200}P_{100}K_{100}$	10		Вносят перед подъемом плантажа
	80—100	$N_{60}P_{90}K_{60}$	5	Со времени вступления в плодоношение	
400—600	До 80	$N_{60}P_{60}K_{60}$	5	$N_{60}P_{60}K_{60}$	25—30
	Более 100	$N_{90}P_{90}K_{90}$	10		
	80—100	$N_{60}P_{60}K_{60}$	5		
	До 80	$N_{40}P_{40}K_{40}$	5	$N_{60}P_{60}K_{60}$	

Примерная система удобрения виноградников в южно-предгорной, центральной и северной зонах на черноземах, карбонатных, выщелоченных, слитых и каштановых почвах Краснодарского края

Среднегодовое количество осадков, мм	Урожайность, ц/га	Плодоносящие насаждения		Молодые посадки	
		минеральные удобрения, кг/га	органические удобрения, т/га	минеральные удобрения, кг/га	органические удобрения, т/га
Более 600	Более 100	$N_{120}P_{150}K_{120}$	10—15		Вносят перед подъемом плантажа
	80—100	$N_{90}P_{120}K_{90}$	10	Со времени вступления в плодоношение	
400—600	До 80	$N_{60}P_{90}K_{60}$	5	$N_{90}P_{120}K_{90}$	25—30
	Более 100	$N_{90}P_{120}K_{90}$	10		
	80—100	$N_{60}P_{60}K_{60}$	10		
	До 80	$N_{60}P_{60}K_{60}$	5	$N_{90}P_{120}K_{90}$	

ближайшей перспективе главным источником грубых, сочных и особенно концентрированных кормов для животноводства будет по-прежнему полевое кормопроизводство. В настоящее время под кормовыми культурами (кукуруза, силосные, однолетние и многолетние травы, кормовые корнеплоды и др.) в РСФСР занято более 37 млн. га, или почти $\frac{1}{3}$ посевной площади.

Основным направлением увеличения производства кормов должна быть всемерная интенсификация полевого кормопроизводства на основе повышения урожайности кормовых культур, совершенствования структуры посевных площадей, применения промежуточных посевов, позволяющих в год с одной площади получить по два-три урожая, и др.

На основе научных исследований и опыта передовых колхозов и совхозов определены следующие средние прибавки урожая (ц/га) кормовых культур от использования 1 ц/га минеральных удобрений в условных туках: силосные культуры — 9,7—10,7, кормовые корнеплоды — 6,0—8,0, травы однолетние и многолетние (на сено) — 3,0—4,5.

В обширной нечерноземной полосе России, где распространены посевы клевера и его смеси с тимофеевкой, исключительно важное значение для повышения урожая этих трав имеет известкование кислых почв.

Установлено, что этот прием способствует повышению урожая сена клевера и люцерны и их смесей со злаковыми травами на сильно- и среднекислых почвах на 10—15 ц, а на слабокислых (с pH 5—5,5) — 5—7 ц/га.

Непосредственное внесение под клевер и люцерну азотного удобрения обеспечивает получение урожая сена 50 ц/га и выше. Однако для усиления образования на корнях клевера, люцерны клубеньковых бактерий и лучшего роста целесообразны обработка (инокуляция) их семян нитрагином, а также молибдатом аммония-натрия в дозе 140 г на норму семян на 1 га.

Во всех районах страны желательно применение под озимые или яровые зерновые культуры, под которые в большинстве случаев подсевают многолетние травы, а при беспокровных посевах непосредственно под них навоза, торфонавозного или других компостов по 15—25 т/га. От внесения органических удобрений урожай

покровных зерновых культур повышаются на 3—6 ц/га и более и подсеянных под них трав — на 10—15 ц/га сена, или 0,5—1 ц/га семян.

Особенно эффективно применение органических удобрений под покровные культуры и травы на дерново-подзолистых и серых лесных почвах в районах достаточного увлажнения, а также на орошаемых землях.

Нормы внесения органических удобрений под покровные культуры и травы устанавливают на месте с учетом почвенно-климатических условий и особенностей культур севооборота в каждом хозяйстве. Навоз и компосты нужно заделывать в почву на всю глубину основной вспашки. В таблице 96 показано размещение удобрений в кормовых севооборотах для районов нечерноземной зоны.

УДОБРЕНИЕ ЛУГОВ И ПАСТИЩ

Распространенные на территории РСФСР луга различаются между собой по ботаническому составу травостоя, условиям увлажнения и типам почв. В лесной зоне обязательными объектами применения удобрений являются сенокосы и пастбища в поймах рек, на суходолах нормального увлажнения, а также низинные луга и осушенные торфяники. На сенокосах, расположенных в центральной части поймы, с богатым наилком и преимущественно со злаковым и злако-разнотравным травостоем следует ежегодно применять азотные или азотно-калийные удобрения из расчета 45—60 или 60—80 кг азота совместно с 30—60 кг/га калия. В этом случае при двухукосном использовании луга можно получить 50—60 ц/га сена и более. При многоукосном (три и более) использовании травостоя заливного луга или орошении сенокоса дозы азотных удобрений увеличивают до 120 кг, а калийных — до 90 кг/га. На поймах рек, характеризующихся недостатком фосфора в почве, кроме азотно-калийных, используют фосфорные удобрения из расчета 30—45 кг/га.

На злаковых и разнотравно-злаковых сенокосах, расположенных в прирусловой части пойм крупных рек с супесчаными почвами, а также на слабозаливаемых или незаливаемых сенокосах по долинам малых рек с

Распределение удобрений в кормовом севообороте (для животноводческих комплексов)

Культуры севооборота	Навоз, т/га	Основное внесение (до посева), кг/га			При посеве (в рядки, в борозды), кг/га			Подкормка, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вико-овсяная тра- восмесь	—	50—60	60—80	50—60	—	10	—	—	—	—
Поукосно вико- овсяная травос- месь	—	50—60	—	—	—	—	—	—	—	—
Кормовые корне- плоды (брюква)	40—60	100—120	100—120	100—130	—	—	—	30 перед 2-й междурядной обработкой		
Подсолнечник (ку- куруза) на силос	60—80	60—80	60—80	60—80	—	20	10	30 перед 2-й междурядной обработкой		
Кормовые кор- неплоды (свекла)	30—40	80—100	60—80	90—120	12	12	12			
Однолетние тра- вы (с подсевом многолетних трав)	—	40—70	100—120	90—120	—	—	—	—	—	—
Многолетние тра- вы 1 г. п.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Культуры севооборота	Навоз, т/га	Основное внесение (до посева), кг/га			При посеве (в рядки, в борозды), кг/га			Подкормка, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Многолетние тра- вы 2 г. п.	—	—	—	—	—	—	—	30—40	50—70	50—70
Озимая рожь (зе- леный корм)	—	—	50—70	50—70	—	10	—	70—90	—	—
Кормовые корне- плоды	40—60	100—120	70—100	120—150	10	10—20	10	—	—	—
Силосные (под- солнечник, кукуру- за)	—	100—120	50—70	100—150	—	10	—	—	—	—

супесчаными почвами необходимо применять полное минеральное удобрение. Для получения 35—40 ц сена на 1 га таких сенокосов следует внести 30—60 кг азота, 30 кг фосфора и 30—60 кг кальция. На сенокосах с большим разнотравьем удобрения применяют совместно с гербицидами.

Низинные сенокосы хорошо отзываются на полное минеральное удобрение, прибавки урожая от которого более устойчивы, чем на суходольных сенокосах.

На природных низинных сенокосах европейской части России с темноцветными почвами урожай сена 25—30 ц/га можно получить при внесении фосфорно-калийных удобрений в дозах 30—45 и 60—80 кг/га. Для повышения урожайности необходимо дополнительное применение азота (60—80 кг/га).

Сеяные сенокосы на суходолах нормального увлажнения удобряют следующим образом: при их перепашке вносят известь из расчета полной или полуторной гидролитической кислотности (4—6 т/га известковой муки или других известковых удобрений), посеве предварительных культур — 20—30 т/га навоза, 60 кг P_2O_5 в виде фосфоритной муки или суперфосфата и 60 кг K_2O в виде хлористого калия или других калийных удобрений.

В дальнейшем сенокосы можно удобрять двумя путями. При залужении бобово-злаковыми травостоями и создании краткосрочных (пять лет) сенокосов с высоким участием (40—50%) бобовых после уборки покровной культуры или весной следующего года применяют 60 кг/га калия. Осенью, в первый год пользования травами или рано весной на второй год повторно вносят калийное удобрение в той же дозе.

В последующем ежегодно вносят 45—60 кг P_2O_5 и 60 кг/га K_2O . В этом случае в течение четырех—пяти лет можно собирать урожай сена 50 ц/га и более.

При ускоренном залужении сенокосов рекомендуются следующий порядок удобрения: на кислых почвах вносят известь или доломитовую муку из расчета 2—4 т/га на легких и 4—6 т/га на среднесуглинистых почвах (в зависимости от кислотности); фосфорные удобрения (фосфоритная мука или суперфосфат) применяют в дозе 30—45 кг, калийные — 60 кг/га.

Известь следует применять под вспашку или перед фрезерованием, а фосфорные и калийные удобрения — перед боронованием или вторым фрезерованием.

На бедных почвах вносят 25—30 т/га навоза. Дозы и порядок ежегодных подкормок травостоев здесь такие же, как на сенокосах, создаваемых с посевом предварительных культур.

На сеяных сенокосах на низких лугах дозы основного удобрения и порядок внесения их такие же, как на суходольных. В качестве подкормки для бобово-злаковых травостоев ежегодно применяют 60—80 кг/га K_2O и 30—45 кг/га P_2O_5 .

Сенокосы со злаковыми травостоями подкармливают полным минеральным удобрением из расчета 60—80 кг N, 30—45 P_2O_5 и 60—80 кг/га K_2O , что гарантирует урожай сена 50 ц/га и более в течение длительного времени. Высокоурожайные сенокосы с хорошими травостоями можно создать после осушения торфяных болот.

Подавляющее большинство торфяников имеет кислую реакцию, поэтому первым мероприятием после их осушения и первичной обработки является известкование из расчета 2—3 т/га известковой муки, которую вносят под однолетние культуры, предшествующие травам. При ускоренном залужении, а также когда известкование под предшествующие культуры не проводили, допускается применение известковой муки под покровную культуру.

Кроме известкования почвы, под первую культуру вносят 60 кг/га P_2O_5 в виде фосфоритной муки и 60—80 кг K_2O . Под все последующие однолетние культуры применяют калийные удобрения из расчета 50—60 кг P_2O_5 под зерновые и 80—120 кг/га K_2O под пропашные культуры.

На слаборазложившихся торфяниках под пропашные культуры следует вносить 20—30 т/га навоза, на осоково-гипновых торфяниках, кроме того, 3—4 ц/га медного огарка или 25—40 кг медного купороса. Перед посевом трав торфяники удобряют фосфорными (60 кг P_2O_5 в виде фосфоритной муки или суперфосфата) или калийными (60—80 кг K_2O) удобрениями. В последующем ежегодно травостой подкармливают фосфорно-калийными удобрениями в дозе 90—120 кг K_2O и 45—60 кг/га P_2O_5 .

На окультуренном торфянике при содержании в 100 г почвы 30 мг и более P_2O_5 фосфорные удобрения можно не применять в течение четырех-пяти лет; на третий-четвертый год повторно внести 3—5 ц медного огарка. При таком удобрении урожай сена составит 50—70 ц/га.

Для получения более высоких урожаев сена, а также на севере лесной зоны на злаковых травостоях в дополнение к фосфорно-калийным необходимо вносить 30—40 кг/га азотных удобрений. В годы с затяжными холодными веснами применение азотного удобрения обязательно.

На низинных торфяниках по поймам рек при наличии вивианита (закисной соли фосфорнокислого железа) удобрение сенокосов с бобово-злаковыми травостоями заключается в ежегодном внесении 60—80 кг/га K_2O весной, летом после укуса трав или осенью. В случае выявления потребности в меди калийное удобрение дополняют медным огарком (3—4 ц/га).

В лесной зоне в первую очередь необходимо удобрять сеяные культурные, особенно орошаемые, пастбища.

Сеяные пастбища на дерново-подзолистых почвах удобряют следующим образом. При перепашке кислых почв вносят известь в дозе 4—6 т/га (известковая мука или другое известковое удобрение). Предварительно под травы применяют 20—30 т навоза, 60 кг P_2O_5 и 60 кг/га K_2O . В дальнейшем удобрение пастбищ должно быть направлено главным образом на обеспечение травостоев азотным питанием.

УДОБРЕНИЯ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Значение орошения в получении гарантированных высоких урожаев сельскохозяйственных культур еще больше возрастет при сочетании его с удобрением. Огромные капитальные затраты на мелиорацию земель полностью оправдываются только при широком и рациональном использовании удобрений.

Комплексные исследования по изучению сочетания удобрений и поливов показывают на высокую отзывчивость сельскохозяйственных культур на удобрения при поддержании влажности на высоком уровне. Прибавки

урожая на поливных землях за счет удобрений достигают от 35 до 190% (табл. 97).

Таблица 97

Прибавка урожая за счет удобрений на орошаемых землях

Культура	Почва	Урожай, ц/га		Прибавка за счет удобрения	
		без удобрения	НРК	ц/га	%
Рис	Такывидная	20,2	58,9	38,7	191
Рис	Лугово-черноземная	51,9	91,0	39,1	175
Кукуруза на зерно	Темный серозем	43,4	78,9	35,5	82
	Каштановая	46,0	72,9	26,9	58
Озимая пшеница	Каштановая	25,8	38,1	12,3	50
Озимая пшеница	Предкавказский чернозем	33,9	50,7	16,8	50
Яровая пшеница	Обыкновенный чернозем	22,5	30,2	7,7	35

Примечание. Дозы удобрений преимущественно 90—120 кг/га.

В условиях орошения решающую роль играют азотные удобрения. Эффективность фосфорных удобрений во всех зонах орошаемого земледелия ниже, чем азотных и в значительной степени зависит от уровня содержания подвижных фосфатов в почве.

Калийные удобрения приводят к значительным прибавкам урожая только в районах давнего орошения на сероземах. В большинстве же районов нового орошения положительного действия калийных удобрений не отмечается, за исключением легких почв.

Озимая пшеница, возделываемая в разных почвенно-климатических зонах орошаемого земледелия, наиболее отзывчива на применение азотных удобрений в дозах от 60 до 120 кг/га. Эти удобрения обеспечивают прибавки урожая от 5—6 до 20—25 ц/га, или от 20—25 до 80—

85%. Прибавки от азота на черноземных почвах несколько ниже, чем на каштановых и сероземах. Оптимальные дозы удобрений зависят от агротехнического фона, чаще всего они находятся в пределах 90—120 кг/га N и 60—90 кг/га P_2O_5 . Эффективность фосфорных удобрений под озимую пшеницу значительно ниже азотных и выражается прибавками урожая порядка 2—7 ц/га, или 15—20%.

При использовании удобрений под яровую пшеницу в целом сохраняются те же закономерности, однако величина прибавок урожая значительно ниже, чем озимой пшеницы. Прибавки от азотных удобрений при одностороннем внесении и на фоне фосфора и калия колеблются в пределах 6—7 ц/га, то есть составляют не более 20—30%. Прибавки от фосфорных удобрений находятся почти в тех же пределах, причем в ряде районов азиатской части СССР они несколько выше, чем в европейской части Союза.

Оптимальная доза азота чаще всего 60—90 кг/га и фосфора 40—80 кг/га. Применение удобрений в этих дозах обеспечивает урожай яровой пшеницы 25—35 ц, а в отдельных случаях 40 ц/га.

Получение более высоких урожаев в значительной степени лимитируется отсутствием сортов яровой пшеницы, устойчивых к полеганию. Поэтому с повышением доз удобрений все более настойчиво проявляется необходимость выведения новых сортов яровой пшеницы.

При возделывании кукурузы на зерно в разных почвенно-климатических зонах часто выявляется преимущественная эффективность азотных удобрений, особенно высоких доз, вносимых на фоне фосфора и без него.

Прибавки урожая зерна кукурузы во многих случаях достигают 20 ц/га и более, что составляет 20—50%. Наиболее приемлемы дозы азота от 120 до 150—180 кг/га.

Повышение урожая зерна кукурузы от фосфорных удобрений значительно ниже и составляет обычно 4—9 ц/га, или 10—20%.

Оптимальная доза фосфорных удобрений под кукурузу в большинстве случаев 60—90 кг/га позволяет получить при высокой агротехнике и правильных поливных режимах урожай 60—90 ц/га и выше.

Прослеживается зависимость урожая различных сор-

Урожай различных сортов пшениц в зависимости от удобрения почв и поливных режимов

Культура	Доза удобрений, кг/га	Без полива	Жесткий поливной режим	Оптимальный поливной режим	Без полива	Жесткий поливной режим	Оптимальный поливной режим
Лютесценс 230				Мироновская 808			
Озимая пшени- ца	Без удобрения	7,1	17,4	25,6	10,1	24,4	36,7
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,7	22,5	33,0	14,1	29,3	48,1
	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀	9,0	25,8	37,3	17,3	34,9	53,6
Лютесценс 758				Саратовская 36			
Яровая пшени- ца	Без удобрения	14,5	18,7	22,7	16,4	21,3	27,0
	N ₄₀ P ₆₀ K ₃₀	—	21,5	27,6	—	24,8	31,9
	N ₈₀ P ₁₂₀ K ₆₀	—	23,5	31,1	—	28,9	39,1

Примечание. Для озимой пшеницы жесткий поливной режим — влагозарядка, оптимальный поливной режим — влагозарядка+3 вегетационных полива.
Для яровой пшеницы поливы при 60—60% и 70—75% ППВ.

тов пшеницы от доз применяемых удобрений и поливных режимов (табл. 98).

Озимая пшеница Лютесценс 230 почти не отзывается на внесение удобрений без полива; при одном влагозарядном поливе прибавка от удобрений составляет 8,4 ц/га, а при трех дополнительных вегетационных поливах она возрастает до 11,7 ц/га, или на 45,5%.

Пшеница Мироновская 808 даже без полива увеличивает урожай от применения удобрений на 7,2 ц/га, что составляет 71%.

При поливах прибавки урожая возрастают до 10,5 ц/га на жестком режиме и до 16,9 ц/га на оптимальном режиме.

Следует особо подчеркнуть, что сочетание двух приемов оптимальных доз применения удобрений и оптимального поливного режима увеличивает урожай озимой пшеницы Лютесценс 230 на 30 ц и Мироновская 808 на 43,5 ц/га. Сорта яровой пшеницы Лютесценс 758 и Саратовская 36 слабее, чем сорта озимой пшеницы отзываются на улучшение водного и пищевого режимов: прибавка урожая составляет соответственно 16,6 и 22,7 ц/га.

В условиях орошения на Дальнем Востоке, а в последние годы на Северном Кавказе, в Ростовской области и в других районах РСФСР на значительных площадях возделывают рис.

В получении высоких урожаев этой культуры ведущая роль принадлежит азотным удобрениям: в дозе 120—150 кг/га они обеспечивают прибавку урожая от 14—15 до 20—27 ц/га, или от 25 до 60—100% и более.

Повышение урожая от фосфорных удобрений значительно меньше, чем от азотных, и составляет обычно 5—10 ц/га.

Оптимальные дозы азотных удобрений, так же как и способы их внесения, имеют некоторые региональные различия в связи с климатическими особенностями районов возделывания риса.

В Приморском крае, наиболее прохладном районе рисосеяния, наибольшие прибавки урожая ранних сортов обеспечивают азотные удобрения в дозе 60 кг/га, средние- и позднеспелых сортов в условиях Краснодарского края — 120—150 кг/га.

Рис хорошо отзывается на внесение удобрений. На

1 ц урожая зерна из почвы выносятся 2,5 кг азота, 1 кг фосфора и 2,5—3,0 кг калия.

Из азотных удобрений лучшие для риса сульфат аммония и мочевины, допускается также применение NH_4Cl . Они содержат азот в аммиачной и амидной формах, которые входят в состав почвенного поглощающего комплекса и прочно им удерживаются. Эти формы азота не вымываются из почвы и при наличии слоя воды служат надежными источниками питания растений риса в течение всей вегетации.

Из фосфорных удобрений наиболее широкое применение имеет суперфосфат, а из калийных — хлористый калий и калийная соль.

Азотные удобрения вносят дробно: под основную обработку почвы ($\frac{2}{3}$ общей дозы) и в подкормку ($\frac{1}{3}$ общей дозы) в период всходов — начала кущения.

В зависимости от условий, складывающихся на рисовом поле в период вегетации, возможна вторая подкормка в фазу кущения.

Таблица 99

Примерная система удобрения в 7-польном рисовом севообороте

№ поля	Чередование культур	Приемы использования удобрений		Всего	
		основное	подкормка	НРК, кг га	стандартных туков, ц га
	Люцерна:				
1	1-й год	$\text{N}_{40}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$	—	$\text{N}_{40}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$	7,8
2	2-й год	—	$\text{N}_{40}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{40}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	6,7
	Рис:				
3	По пласту	$\text{N}_{30}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$	N_{30}	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$	8,8
4	По обороту пласта	$\text{N}_{60}\text{P}_{90}$	$\text{N}_{30}\text{K}_{40}$	$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{40}$	10,3
5	Парозанимающие (озимые)	$\text{N}_{90}\text{P}_{90}$	N_{30}	$\text{N}_{120}\text{P}_{90}$	10,8
	Рис после занятого пара:				
6	1-й год	$\text{N}_{60}\text{P}_{90}$	N_{30}	$\text{N}_{90}\text{P}_{90}$	9,3
7	2-й год и более	$\text{N}_{100}\text{P}_{120}\text{K}_{40}$	$\text{N}_{60}\text{K}_{40}$	$\text{N}_{160}\text{P}_{120}\text{K}_{80}$	15,9

На основании многолетних исследований ВНИИ риса и опыта передовых хозяйств рекомендуются примерные системы удобрения в рисовых севооборотах (табл. 99—100).

Таблица 100

Примерная система удобрения в 8-польном рисовом севообороте

№ поля	Чередование культур	Приемы использования удобрений		Всего	
		основное	подкормка	НПК, кг/га	стандартных туков, ц/га
	Люцерна:				
1	1-й год	$N_{40}P_{90}K_{40}$	—	$N_{40}P_{90}K_{40}$	7,8
2	2-й год	—	$N_{40}P_{60}K_{50}$	$N_{40}P_{60}K_{60}$	6,7
	Рис:				
3	По пласту	$N_{30}P_{90}K_{40}$	N_{30}	$N_{60}P_{90}K_{40}$	8,8
4	По обороту пласта	$N_{60}P_{90}K_{40}$	N_{30}	$N_{90}P_{90}K_{40}$	10,3
5	3-й год и более	$N_{100}P_{120}K_{40}$	$N_{50}K_{40}$	$N_{150}P_{120}K_{80}$	15,8
6	Парозанимающие культуры (озимые)	$N_{90}P_{90}$	N_{30}	$N_{120}P_{90}$	10,8
	Рис после занятого пара:				
7	1-й год	$N_{60}P_{90}$	N_{30}	$N_{90}P_{90}$	9,3
8	2-й год и более	$N_{100}P_{120}K_{40}$	N_{50}	$N_{150}P_{120}K_{80}$	15,9

УДОБРЕНИЯ НА ЭРОДИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

Для продуктивного использования эродированных земель необходимо приостановить эрозионные процессы, а также восстановить и повысить их плодородие.

Наиболее эффективный прием — применение удобрений при одновременном осуществлении комплекса мероприятий, особенно противоэрозионной обработки почвы.

В таблице 101 приведены показатели влияния полного минерального удобрения на урожай зерновых культур, возделываемых на эродированных почвах.

Действие полного минерального удобрения на урожай зерновых культур, выращиваемых на эродированных черноземах

Почва	Степень смывистости	Культура, сорт	Состав и доза удобрений	Урожай без удобрений, ц/га	Прибавка урожая от NPK, ц/га
Чернозем типичный	Несмытый	Озимая пшеница	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	30,1	7,4
	Среднесмытый	Мироновская 808		23,4	10,7
То же	Несмытый	Ячмень	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	31,3	4,3
	Среднесмытый	Вальтицкий		26,0	6,8
Чернозем выщелоченный	Несмытый	Озимая пшеница		23,1	8,2
	Среднесмытый	Мироновская 808		18,0	9,8
То же	Несмытый	Ячмень	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	30,8	13,5
	Среднесмытый	Вальтицкий		9,8	30,9
То же	Несмытый	Яровая пшеница		19,2	12,2
	Среднесмытый	Харьковская 46		9,4	16,3
То же	Несмытый	Овес	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	13,9	7,3
	Среднесмытый	Львовский 1026		9,0	14,7

На большинстве почв, подвергшихся водной эрозии, эффективно азотное удобрение. Причем по мере увеличения доз азота с 30 до 90 кг/га прибавки урожая зерна, как правило, возрастают.

Повышение урожая зерновых культур от применения минеральных удобрений на эродированных землях в разных районах неодинаково. Оно зависит от подтипа почв, их окультуренности и степени эродированности. Но чаще всего для основных зерновых культур прибавка урожая от полного минерального удобрения составляет 10 ц/га.

На землях, подверженных ветровой эрозии, эффективность минеральных удобрений под зерновые культуры зависит от климатических условий и в первую оче-

редь от количества выпадающих осадков и содержания влаги в почве.

В степных районах Западной Сибири на таких почвах в условиях недостаточного влагообеспечения под яровую пшеницу наиболее приемлемы фосфорные удобрения. Применение суперфосфата в рядки при посеве в дозе 20 кг/га повышает урожай пшеницы на 2—3 ц/га.

При внесении 60 кг/га суперфосфата под основную обработку почвы урожай яровой пшеницы возрастает в среднем на 2,4 ц/га. В наиболее благоприятные годы с большим количеством осадков прибавки урожая от фосфора достигают 3,2—4,1 ц/га.

Опытными учреждениями степных районов Западной Сибири и северного Казахстана установлено высокое и довольно продолжительное последствие фосфорного удобрения.

Так, за год действия и четырех лет последствия сумма прибавки урожая зерна яровой пшеницы от применения фосфора в дозе от 20 до 80 кг/га составила от 4,9 до 10,9 ц/га.

В Краснодарском крае на эродированных землях внесение 90 кг/га фосфора повышает урожай озимой пшеницы на 8—13 ц/га.

Таким образом, применение минеральных удобрений на эродированных почвах позволяет резко повысить плодородие почв и урожайность зерновых культур. Кроме того, удобрения являются одним из существенных средств защиты почв от эрозии.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ

Экономическая эффективность удобрений рассматривается как результат, полученный от их действия и выраженный в стоимостных показателях: стоимость в средних ценах реализации дополнительной продукции, чистый доход (за вычетом издержек, связанных с применением удобрений), окупаемость затрат, повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции.

Она может иметь оценку народнохозяйственную или внутрихозяйственную (хозрасчетную).

В основе методики, разработанной Всесоюзным научно-исследовательским институтом удобрений и агро-

почвоведения и Всесоюзным научно-исследовательским институтом экономики сельского хозяйства, для установления эффективности туков в хозяйственных условиях положена стоимостная оценка.

Изменение производительности труда определяют по формуле:

а) по прямому показателю

$$V_{\text{бу}} = \frac{V}{T} \text{ и } V_{\text{уд}} = \frac{V+y}{T+\tau} ;$$

б) по показателю трудоемкости

$$t_{\text{бу}} = \frac{T}{V} \text{ и } t_{\text{уд}} = \frac{T+\tau}{V+y} ,$$

где $V_{\text{бу}}$ и $V_{\text{уд}}$ — производительность труда на неудобренных и удобренных полях, ц/чел.-дн.;

V — урожай без удобрений, ц/га;

y — прибавка урожая за счет применения удобрений, ц/га;

$V+y$ — урожай при использовании удобрений, ц/га;

T — затраты труда на производство продукции без применения удобрений, чел.-дн./га;

τ — дополнительные затраты труда в связи с применением удобрений, чел.-дн./га;

$T+\tau$ — затраты труда на производство продукции с применением удобрений, чел.-дн./га;

$t_{\text{бу}}$ — трудоемкость без удобрений;

$t_{\text{уд}}$ — трудоемкость с применением удобрений.

Повышение производительности труда (в %) рассчитывают по формуле:

$$y = \frac{t_{\text{бу}}}{t_{\text{уд}}} \cdot 100.$$

Разность по затратам труда $\left(\frac{T}{V} - \frac{T+\tau}{V+y} \right)$ позволяет установить размер экономии труда от применения удобрений на единицу продукции (чел.-дн.).

Изменение себестоимости продукции определяют по формулам:

$$L_{\text{бу}} = \frac{З}{V} \text{ и } L_{\text{уд}} = \frac{З+з}{V+y},$$

где $L_{\text{бу}}$ — себестоимость 1 ц продукции без применения удобрений, руб.;

$L_{\text{уд}}$ — себестоимость 1 ц продукции с применением удобрений, руб.;

$З$ — все затраты без применения удобрений, руб/га;

$з$ — дополнительные затраты на применение удобрений, руб/га;

V — урожай без удобрений, ц/га;

y — прибавка урожая от удобрений, ц/га.

Отсюда снижение себестоимости продукции (в %) рассчитывают по формуле:

$$L = \frac{L_{\text{бу}} - L_{\text{уд}}}{L_{\text{бу}}} \cdot 100.$$

Для установления эффективности удобрений используют также показатели: дополнительный сбор (амбарный урожай) продукции в натуре и стоимостном выражении (с 1 га на единицу туков или питательного вещества); дополнительный доход по культуре — стоимость продукции за вычетом дополнительных затрат (на 1 га, 1 ц туков и 1 руб. затрат); рентабельность применения туков, то есть отношение чистого дохода к затратам (в %), окупаемость прямых затрат стоимостью прибавки урожая (в рублях на 1 руб. затрат).

При определении дополнительного урожая учитывают основную и побочную продукцию, ее качество, стандартность и т. д. Прибавку урожая оценивают по закупочным или средним реализационным ценам. Чистый доход и рентабельность устанавливают сопоставлением денежной оценки прибавки урожая и дополнительных издержек, вызванных внесением туков.

Рентабельность применения удобрений определяют по формуле:

$$P = \frac{(C+c)-E}{E} \cdot 100,$$

где P — рентабельность, %;

C и c — стоимость прибавки основной и побочной продукции, руб.;

E — сумма издержек производства, руб.

В сравнительных целях может быть использован показатель окупаемости затрат по применению удобрений стоимостью прибавки урожая основной и побочной продукции. Он исчисляется по формуле:

$$Q = \frac{C + c}{K(A_{уд} + A_{вн}) + A_{уб} + A_p} - 1,$$

где Q — окупаемость прямых затрат по применению удобрений стоимостью прибавки урожая, руб.;

C и c — стоимость дополнительной, основной и побочной продукции от внесения удобрений (прибавка урожая) в закупочных или среднереализационных ценах хозяйства, руб.;

K — коэффициент отнесения затрат на культуру;

$A_{уд}$ — дополнительные затраты на удобрения, руб.;

$A_{вн}$ — затраты на доставку и внесение удобрений, руб.;

$A_{уб}$ — затраты на уборку, доработку, перевозку дополнительной продукции, руб.;

A_p — расходы по реализации, руб.

Ожидаемый дополнительный доход по культуре (с заданной площади) может быть определен по формуле:

$$D = P[Y_1(C - C_0) - y(C - C)],$$

где D — прирост чистого дохода, руб.;

Y_1 — урожайность культуры после применения удобрений, ц/га;

y — многолетняя (4—5 лет) урожайность культуры в хозяйстве, ц/га;

C_0 — себестоимость продукции с применением удобрений, руб.;

C — многолетняя себестоимость продукции в хозяйстве за тот же период, что и урожайность, руб.;

C — закупочная цена, руб.;

P — удобренная площадь, га.

Более полно эффективность может быть выявлена от всей системы удобрения в севообороте с учетом последствия, степени отзывчивости культур, улучшения качества продукции.

Так как в севообороте применяют и органические удобрения, то размеры издержек устанавливают с учетом их стоимости.

Народнохозяйственную эффективность удобрений определяют как сумму чистой продукции, полученной в туковой промышленности и сельском хозяйстве.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УДОБРЕНИЯХ

Для определения потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях существует несколько комплексных методов, главные из которых лабораторные, вегетационный и полевой.

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ

Лабораторные методы предусматривают проведение агрохимического анализа почв, растений и удобрений.

Агрохимический анализ широко используют для определения потребности растений в удобрениях.

Результаты химических анализов почв и растений довольно условны и не могут служить для определения потребности растений в удобрениях и тем более их норм.

Однако результаты химического анализа почв в сочетании с показателями полевых опытов позволяют установить зависимость между наличием усвояемых питательных веществ в почве, дозами вносимых удобрений и урожаями сельскохозяйственных культур.

Основные методы агрохимического анализа почв. Для определения доступных растениям форм азота почвы служат методы, характеризующие биологический процесс минерализации почвенного азота. К ним относятся методы определения нитрифицирующей способности почв. Кроме того, используют метод установления легкогидролизуемого азота по М. М. Кононовой и И. В. Тюрину и метод определения гидролизуемого азота по А. Н. Корнфилду, Д. Р. Каненр и ряд других, в том числе метод с использованием изотопа азота ^{15}N .

Этот метод заключается в том, что меченый азот (^{15}N), внесенный в почву с азотными удобрениями, и азот самой почвы поступают в растения пропорционально его содержанию в почве. Отсюда, определяя величину поступившего в растения меченого азота и зная дозу внесенного удобрения, устанавливают количество усвояемого азота почвы по формуле Фрида—Дина:

$$A = B \left(\frac{Y_0}{y} - 1 \right),$$

где A — искомая величина усвояемого азота почвы;
 B — доза азота, внесенного с удобрением;
 Y_0 — общее поступление азота в растение;
 y — поступление меченого азота в растение.

Таблица 102

Стандартные методы определения подвижного фосфора и калия *

Зона	Фосфор	Калий
Нечерноземная	0,2 н солянокислая вытяжка по Кирсанову (для Прибалтики метод Эгнера-Рима)	0,1 н уксусноаммонийная вытяжка по Масловой (для Прибалтики метод Эгнера-Рима), 0,2 н солянокислая вытяжка по Кирсанову
Черноземная	0,5 н уксуснокислая вытяжка по Чирикову (для Сибири в качестве дополнительного метода — 0,006 н солянокислая вытяжка по Францесову или определение по методу Труога)	1 н уксусноаммонийная вытяжка по Масловой
Черноземная (с карбонатными черноземами) Зона сухих степей (южные черноземы, каштановые бурые почвы)	1%-ная углеаммонийная вытяжка по Мачигину То же	1%-ная углеаммонийная вытяжка по Мачигину То же

* Более подробное описание методов определения подвижного фосфора и калия дано в приложении.

Методы определения подвижного фосфора и калия приведены в таблице 102.

Для установления запаса в почве усвояемых и растворимых фосфатов применяют метод А. В. Соколова с использованием радиоактивной метки (^{32}P). По результатам анализа устанавливают общее содержание фосфора в растениях (выращенных в вегетационных сосудах) и общую радиоактивность урожая. Сравнивая общую радиоактивность всего урожая с общей активностью всего внесенного в сосуд фосфора, определяют процент использования меченого фосфора (^{32}P) или коэффициент использования (K). Запас усвояемых фосфатов в почве рассчитывают по формуле:

$$P_{\text{запас}} = \frac{P \cdot 100}{K}.$$

где P — поступление фосфора в растение из почвы, мг на 100 г почвы;

K — коэффициент использования радиоактивного фосфора.

В этом случае, так же как и в расчетах с ^{15}N , допускается, что растения одинаково используют из почвы радиоактивный фосфор (^{32}P) и фосфор самой почвы.

Этот метод несколько условен, так как внесенная в почву радиоактивная метка недостаточно равномерно размещается в растворе немеченого фосфора. Кроме того, коэффициент использования внесенного в почву радиоактивного фосфора для разных растений на одной и той же почве будет неодинаков.

Методы химического анализа растений (диагностики минерального питания растений по их химическому составу).

Химический анализ растений служит для определения общего количества питательных веществ, потребляемых сельскохозяйственными культурами. Это так называемый валовой анализ. При диагностике минерального питания растений выявляется в основном содержание неорганических соединений. Эти виды анализов весьма несложны. В качестве растворителей применяют 2%-ный раствор уксусной кислоты или ацетатно-буферный раствор. Применяют также и другие растворители. Так, для извлечения железа и цинка используют концентрированную соляную кислоту. Осветляют

вытяжки от красящих веществ очищенным активированным углем. Растительный материал измельчают в ступках или механических измельчителях.

Вытяжку готовят чаще из свежего растительного материала, но можно и из сухого. Соотношение между свежим материалом и экстрагирующим раствором 1:10—20, а для сухого вещества — 1:100. К полученным прозрачным вытяжкам добавляют хлороформ, и в них определяют неорганические соединения нитратного азота, фосфора сульфатной серы, хлора, магния, калия, натрия и кальция. Последние три элемента выявляют на пламенном фотометре, а остальные — колориметрически или нефелометрически путем измерения полученной окраски или мутности в фотоколориметре или визуально при сравнении со шкалой стандартных растворов. В растениях, выросших на кислых почвах, устанавливают также содержание марганца, алюминия и железа.

Более упрощенный способ листовой диагностики состоит в выжимании сока из черешков, жилок листа и самих листьев и в капельном количественном анализе элементов питания в нем (полевая лаборатория Магницкого), а также в проведении анализов прямо на срезах растений или на бумаге (прибор Церлинга).

Диагностику минерального питания растений проводят по листьям или его отдельным частям — черешкам, жилкам (листовая диагностика) и по надземной массе всего растения, а в ряде случаев по пасоке.

Различия в составе листьев и его частей (жилки, черешки, пластинки листа) более резко выражены при разных уровнях питания, чем различия в составе надземной массы всего растения. Листовую диагностику применяют чаще, чем диагностику по всей надземной массе растения. Нередко комбинируют оба эти способа. В ранние фазы развития, когда растения еще мелкие, их берут целиком, а в более поздние фазы развития — лист или черешок листа.

При листовой диагностике большое значение имеет выбор листьев на растении. Для определения недостающих элементов питания обычно используют листья из нижнего яруса растений или их черешки, так как старые листья лучше отражают условия питания растений, чем молодые. Однако при установлении не-

достатка кальция и бора положение может быть обратным.

Между величиной урожая и химическим составом листьев и целых растений существует тесная связь. Высокому урожаю растений соответствует определенная концентрация питательных веществ в листьях, называемая нормальным составом. Этот состав может колебаться в известных пределах, но он сравнительно постоянен для одного вида растений и для определенной фазы его развития. Нижнюю границу нормального уровня называют критическим уровнем. При уменьшении количества элементов питания в листьях ниже критического уровня понижается урожай.

Критические уровни для различных растений неодинаковы и у одного и того же их вида изменяются в зависимости от возраста.

Важно знать не только критический уровень недостатка некоторых элементов, но и вредного избытка их, когда накопление тех или иных солей в тканях растений угнетает их рост и уменьшает урожайность. При содержании хлора более 5 г в 1 кг сырого вещества черешков картофеля на листьях растений появляются признаки токсичности от хлора (бледно-зеленая окраска и свертывание долек листа в лодочку), что приводит к значительному снижению урожая и особенно крахмальности клубней.

На кислых почвах при недостатке магния, кальция и фосфора увеличивается поступление марганца в растения и усиливается его вредное действие на рост и продуктивность.

В таблице 103 приведены показатели химического состава листьев здоровых растений с высокой продуктивностью и листьев с признаками голодания, которые позволяют выяснить причины нарушений в питании растений, угнетенных в росте.

Содержание неорганического фосфора в листьях зерновых культур значительно выше, чем у картофеля и сахарной свеклы, а количество нитратного азота, наоборот, ниже. Признаки калийного голодания у ржи и пшеницы проявляются при высоком содержании калия (2—2,6 г в 1 кг сырого вещества листьев). При диагностике калийного питания у ячменя и льна надо принимать во внимание также и количество натрия в листьях.

Содержание элементов питания в неорганической форме в листьях здоровых и голодающих растений
(по К. П. Магницкому).

Фаза развития	Анализи- руемый орган	Состояние растений	Количество элементов питания (в мг на 1 кг сырого вещества, К в г)			
			нитратного N	P	K	Mg
Озимая рожь						
Три листа	Надзем- ная мас- са Листья	Голодающие	40—80	20—120	0,5—2,6	—
		Здоровые	160—300	400—800	6,0—9,2	—
Кушение	Листья	То же	50—80	80—135	1,6—3,0	40—50
			140—480	350—450	5,3—7,2	100—120
Выход в трубку	»	» »	—	60—105	1,2—2,3	50—80
			—	200—700	5,2—6,0	180—250
Колошение	»	» »	—	50	1,8—2,2	50—90
			—	145	4,5—6,1	180—400
Озимая пшеница						
Кушение	»	Голодающие	28—80	—	1,9—2,4	—
		Здоровые	150—300	—	7,0—9,4	—
Выход в трубку	»	То же	—	40—70	1,9—2,4	50—80
			—	190—550	5,8—9	100—220

Фаза развития	Анализи- руемый орган	Состояние растений	Количество элементов питания (в мг на 1 кг сырого вещества, К в г)			
			нитратного N	P	K	Mg
Колошение	То же	То же	—	$\frac{95}{380-700}$	$\frac{1,8}{10-11,2}$	—
Ячмень						
Кушение	Листья	Голодающие	$\frac{10-50}{120-360}$	—	$\frac{1,3-3,3}{3,7-6,0}$	—
		Здоровые				
Выход в трубку		То же	$\frac{0-50}{50-130}$	$\frac{80-120}{180-530}$	$\frac{0,7-1,2}{3,6-5,5}$	—
Овес						
Кушение	То же	Голодающие	$\frac{0}{240-720}$	$\frac{40-60}{200-700}$	$\frac{1,8}{4,6-5,4}$	$\frac{30-60}{240-400}$
		Здоровые				

Обе эти культуры поглощают много натрия и при высоком содержании его в листьях потребность в данном элементе значительно снижается.

Таблица 104

Содержание нитратов, фосфатов и калия в срезах стеблей и черешков листьев полевых культур, достаточно обеспеченных питательными веществами (в баллах)

Фаза развития растений	Нитраты	Фосфаты	Калий
Озимая рожь и пшеница			
Выход в трубку:			
начало	5—6	4—5	4—5
середина	3—4	3—4	4
Цветение	0	2—3	3—4
Яровая пшеница и овес			
Укоренение	5—6	5	5
2—3 листа	6	5	5
Выход в трубку:			
середина	5—6	5	5
начало	4	3—4	3—4
Цветение	0,1	3—4	3—4
Сахарная свекла			
4—5 листьев	5—6	5	Больше 5
9—10 листьев	5	5	Больше 5
Интенсивный рост			
корнеплодов	4—5	4	5
Картофель			
Бутионизация	Больше 6	4—5	5
Цветение	5	3—4	4
Капуста			
До завязывания кочана	6	3—4	5
Завязывание кочана	4	3	4

Профессор В. В. Церлинг установила баллы, характеризующие содержание нитратов, фосфатов и калия в

срезах стеблей и черешков листьев растений, которые достаточно обеспечены этими элементами питания (табл. 104).

Следует иметь в виду, что эти показатели химического анализа являются только дополнением к ряду других многочисленных данных, влияющих на питание растений.

ВЕГЕТАЦИОННЫЙ МЕТОД

Вегетационный метод предусматривает проведение вегетационных опытов. Их выполняют в специальных сосудах в вегетационных домиках (застекленные павильоны) или на площадках, представляющих собой сетчатые павильоны.

При этом определяется питание растений, действие удобрений и других химикатов на их рост, развитие и урожайность.

Вегетационные опыты помогают более детально рассматривать влияние удобрений в полевых условиях, определить обеспеченность почв доступными питательными веществами и решить другие важные агрохимические вопросы.

Однако вегетационный метод не может заменить полевых опытов, которые дают более правильное определение эффективности удобрений для конкретных почвенно-климатических условий. Вегетационный метод подробно описан в работах А. В. Соколова (1967), З. И. Журбицкого (1968), Ф. А. Юдина (1971) и других авторов.

ПОЛЕВОЙ ОПЫТ С УДОБРЕНИЯМИ

Полевой опыт проводят на специально выделенном участке для определения действия удобрений на урожай растений, его качество и плодородие почвы.

Полевой опыт — главный метод в агрономических и агрохимических исследованиях, особенно в исследованиях с удобрениями.

Полевые опыты подразделяются на несколько видов. Длительный (стационарный) опыт проводят на одном

участке в севообороте или при бессменной культуре в течение ряда лет (десятилетий) с систематическим наложением удобрений.

В кратковременном опыте изучают действие удобрений на урожай и качество продукции в течение одного — трех лет.

Массовые опыты с удобрениями закладывают одновременно по общим схемам.

Полевые опыты могут быть однофакторными, когда выявляют действие одного фактора, и многофакторными, когда изучают влияние на растения и почву многих факторов или одного фактора при разных условиях.

Различают также полевые производственные (крупноделяночные) опыты, которые проводят на больших площадях (0,5—1 га и более).

Производственные опыты выполняют по короткой схеме для получения приближенной оценки отдельных агротехнических приемов и их сочетаний.

Главное условие проведения производственных и всех полевых опытов — соблюдение методик, в том числе повторностей.

Повторность опыта с удобрениями — это количество делянок с одноименными вариантами.

В обычных полевых опытах (при размере делянок 40—300 м²) повторность должна быть не менее чем 4-кратная. В производственных опытах допускается 3-кратная повторность. Кроме того, для специальных целей проводят микрополевые опыты и лизиметрические полевые опыты с удобрениями. Микрополевой опыт с удобрениями занимает промежуточное положение между мелкоделяночными (обычными) полевым и вегетационным. Эти опыты выполняют в больших сосудах без дна, зарытых на специальной площадке в условиях, близких к полевым (температура, увлажнение, число растений на единицу площади).

Лизиметрический полевой опыт проводят в условиях, близких к полевым, но при этом имеется возможность вести учет количества просочившихся осадков и определять в них питательные вещества.

В этих опытах широко используют меченые удобрения для установления баланса питательных веществ в системе почва — растение.

Поправочные коэффициенты к средним дозам удобрений в зависимости от содержания подвижного фосфора на оподзоленных и выщелоченных черноземах лесостепной зоны европейской части СССР

Количество в почве подвижного фосфора при среднем содержании обменного калия	Озимая пшеница				Кукуруза			Сахарная свекла по удобренной озимой пшенице			Сахарная свекла по обороту пласта трав		
	по чистому пару*		по занятому пару**										
	удобрения												
	фосфор-ные	калий-ные	фосфор-ные	калий-ные	фосфор-ные	азот-ные	калий-ные	фосфор-ные	азот-ные	калий-ные	фосфор-ные	азот-ные	калий-ные
Очень низкое	1,5	0,7	1,2	1,0	1,5	1,5	0,7	1,5	0,1	0,7	2,0	1,0	1,0
Низкое	1,0	0,7	1,0	1,0	1,2	1,3	0,7	1,2	0,1	0,7	1,5	0,7	1,0
Среднее	0,7	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	1,0	0,5	1,0
Повышенное	Рядко- вое удоб- рение	0,1	Рядко- вое удоб- рение	1,0	0,5	1,0	1,2	0,8	0,8	1,0	0,5		1,2
Высокое	То же	1,0	Не вно- сят	1,5	Рядко- вое удоб- рение	1,0	1,5	0,5	0,5	1,2			1,5
Очень высокое	Не вносят	1,5	То же	1,5	То же	0,8	1,5	Рядковое удобрение		1,5	Рядковое удобрение не вносят		1,5

1. Примечания. 1. За единицу принята средняя доза (в кг действующего вещества на 1 га), рекомендуемая научными учреждениями для данной зоны и указанных культур; 2. Доза рядкового удобрения (в кг действующего вещества на 1 га) следующая: для зерновых P_2O_5 — 10, K_2O — 10; для сахарной свеклы N — 8, P_2O_5 — 10—15, K_2O — 8—10;

* после рано убираемых бобовых предшественников.

** после поздно убираемых бобовых предшественников.

Поправочные коэффициенты к средним дозам удобрений на предкавказских черноземах при различном содержании в них подвижных форм питательных веществ

Содержание в почве подвижных соединений питательных веществ	Удобрения								
	азотные			фосфорные			калийные		
	яровые колосовые, кукуруза, подсолнечник	озимая пшеница, сахарная свекла, табак	овощные, плодовые, виноград	яровые колосовые, кукуруза, подсолнечник	озимая пшеница, сахарная свекла, табак	овощные, плодовые, виноград	яровые колосовые, кукуруза, подсолнечник	озимая пшеница, сахарная свекла, табак	овощные, плодовые, виноград
Очень низкое	1	1,3—1,5	1,3	1	1,3—1,5	1,3—1,5	1	1,3	1,3—1,5
Низкое	1	1—1,2	1—1,2	1	1—1,3	1—1,2	1	1	1—1,3
Среднее	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Повышенное	0,3—0,5	0,5—0,7	0,6—1	0,5—0,7	0,7—1	0,7—1	0,3—0,5	0,5—0,7	0,7
Высокое	0—0,3	0,3—0,5	0,3—0,5	0,2—0,3	0,3—0,2	0,3—0,5	Не вносят	0—0,3	0,5
Очень высокое	Не вносят	0,2—0,3	0,3	0—0,2	0,2	0,2—0,3	То же	0—0,2	0,3—0,2

Примечания. 1. За единицу принята средняя оптимальная доза (в кг действующего вещества на 1 га), рекомендуемая научными учреждениями.

2. При величине поправки 0,2—0,3 азотные удобрения под озимую пшеницу вносят только в подкормку, фосфорные под зерновые, сахарную свеклу, табак и овощные — в рядки при посеве (посадке).

3. При высоком и очень высоком содержании в почве подвижного калия под озимую пшеницу после кукурузы на силос и после зерновых калийные удобрения не применяют.

Средние дозы минеральных удобрений и навоза под отдельные культуры на дерново-подзолистых суглинистых почвах (по данным Н. Н. Михайлова)

Планируемый урожай основной продукции, ц/га	Дозы фосфорных удобрений (кг/га) при содержании в почве подвижного фосфора (мг/100 г почвы)					Дозы азотных удобрений (кг/га) на почвах с содержанием подвижного фосфора (мг/100 г почвы)					Дозы калийных удобрений (кг/га) при содержании в почве подвижного калия (мг/100 г почвы)				Дозы навоза или компоста (т/га) на почвах с содержанием подвижного фосфора (мг/100 г почвы)				
	до 2,5	2,5-5	5-10	10-15	>15	до 2,5	2,5-5	5-10	10-15	>15	<5	5-10	10-15	>15	до 2,5	2,5-5	5-10	10-15	>15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Озимая рожь																			
12-15	60	40	40	10	10	40	40	40	30	30	40	40	30	30	20	15-20	15-20	Можно не вносить	
16-20	80	60	40	10	10	60	60	60	40	40	60	40	30	30	20	15-20	20	15-20	Можно не вносить
21-25	×	80	60	40	10	×	60	60	40	40	80	60	40	30	×	20-25	20	15-20	15-20
26-30	×	×	80	60	40	×	×	60	60	60	80	60	40	40	×	×	20	20	20
Озимая пшеница																			
12-15	80	60	40	40	10	40	40	40	40	40	40	40	40	30	20	20	20	15-20	Можно не вносить
16-20	×	80	60	40	10	×	60	60	60	40	60	60	40	40	×	20	20	20	20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21—25	×	×	80	60	40	×	×	80	80	60	80	60	60	40	×	×	20	20	20
26—30	×	×	×	80	60	×	×	×	80	80	100	80	60	40	×	×	×	25—30	20—25
Свыше 30	×	×	×	×	60	×	×	×	×	100	×	100	80	60	×	×	×	×	25—30

Ячмень яровой

10—15	×	80	60	40	10	×	40	40	40	40	40	40	30	Не вно- сят 30	Органические удобрения вносят под предшественники (озимые, пропашные) Урожай свыше 20 ц/га возможен только на слабокислых или известковых почвах				
16—20	×	×	60	60	40	×	×	60	60	60	60	40	40						
21—25	×	×	80	60	40	×	×	80	80	80	60	60	40						
26—30	×	×	×	80	40	×	×	×	90	90	×	80	60						
Свыше 30	×	×	×	×	60	×	×	×	×	90— 100	×	100	80	60					

Овес

10—15	40	40	40	10	10	30	30	30	30	30	40	40		Не вно- сят То же 40	Урожай свыше 25 ц/га более гарантирован на слабокислых почвах при внесении под пред- шественники навоза или по обороту пласта
16—20	60	60	40	40	10	40	40	40	40	40	60	60	40		
21—25	×	80	60	40	40	×	60	60	60	60	60	60	40	40	
26—30	×	×	60	60	60	×	×	80	80	80	80	80	60	40	
Свыше 30	×	×	80	80	60	×	×	90— 100	90— 100	90— 100	×	80	60	60	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Картофель (средне- и позднеспелые сорта)

100—130	80	60	40	20	20	60	60	60	60	40	60	60	40	40	30	30	30	20	20
140—160	×	80	60	40	20	×	80	80	80	60	80	80	60	60	×	30	30	30	20
170—200	×	×	80	60	40	×	×	100	100	80	×	100	80	80	×	×	30	30	20
210—250	×	×	80	80	60	×	×	120	120	100	×	120	100	100	×	×	40	40	30

Кормовые корнеплоды

170—200	×	×	100	80	60	×	×	100	80	80	×	100	80	60— 40	×	×	40	40	40
210—250	×	×	×	100	80	×	×	×	100	100	×	120	100	60— 80	×	×	×	40	40
260—300	×	×	×	×	100	×	×	×	×	100	×	150	120	80— 100	×	×	×	×	30

Кукуруза на силос

150—200	×	×	80	60	40	×	×	80	80	80	80	60	60	40	×	×	40	30	30
210—270	×	×	×	80	60	×	×	×	100	100	100	80	80	60	×	×	×	30	30
280—350	×	×	×	×	80	×	×	×	×	120	×	100	80	60	×	×	×	×	30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Силосные культуры (кроме кукурузы)

130—150	100	80	60	40	40	120	120	120	100	80	80	60	40	40	30	30	30	30	20
170—200	×	100	80	60	40	×	120	120	120	100	100	80	60	40	×	30	30	30	20
210—250	×	×	100	80	60	×	×	120	120	120	120	100	80	60	×	×	30	30	30

Вико-овсяная смесь на зеленый корм

80—100	60	40	40	Не вносят		60	60	60	40	40	40	40	—	—	Не вно- сят		—	—
120—150	×	60	60	40	40	×	80	80	60	60	60	60	40	Не вно- сят	×	15—20	15—20	Не вносят
160—200	×	80	80	60	40	×	100	100	80	80	80	60	40	40	×	20	10—15	То же

Многолетние травы (клевер+тимофеевка) на сено

20—25	60	60	40	40	30— 40	кг на травах 2-го года пользования					60	40	40	Не вно- сят	Планируемый урожай возможен при обязатель- ном известковании кис- лых почв				
30—35	×	80	60	40		То же					80	60	40	40					
40—45	×	80	80	60		То же					100	80	60	40					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
* Лен - соломка																			
15—20	100	80	60	40	40	40	40	30	20	20	60	60	40	40	—	—	—	—	—
25—30	×	×	80	60	40	×	×	40	30	30	80	80	60	60	—	—	—	—	—
35—40	×	×	100	80	60	×	×	40	30	30	100	80	80	60	—	—	—	—	—

Примечание. X — без предварительного окультуривания планируемый урожай не обеспечен. Для получения свыше 30 ц/га зерна озимой пшеницы, ячменя и овса на почвах, обеспеченных подвижными формами питательных веществ, необходимо возделывать наиболее продуктивные сорта. На почвах с малыми запасами питательных веществ планируемые урожаи (указанные для таких почв в таблице) более гарантированы при выращивании средних по продуктивности районированных сортов зерновых культур.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ УДОБРЕНИЙ

При определении доз удобрений используют данные полевых опытов и агрохимических анализов почвы и растений. Кроме того, учитывают уровень урожая и уточняют зависимость между агрохимическими показателями почв, урожаем и эффективностью удобрений.

В настоящее время разработаны рекомендации по определению средних доз удобрений для различных культур на определенных типах и разностях почв. Однако эти дозы имеют отклонения в зависимости от агрохимических показателей почв. В связи с этим с учетом содержания подвижных форм фосфора и калия в почве вводят поправки. В этом случае средняя доза удобрения принимается за единицу для определенной группы почв с соответствующим содержанием подвижных форм фосфора и калия.

Дозы удобрений изменяют в соответствии с поправочными коэффициентами (табл. 105—106).

Средние дозы минеральных удобрений и навоза под отдельные культуры приведены в таблице 107.

Содержание действующего вещества в минеральных удобрениях

Удобрение	Содержание действующего вещества
Азотные удобрения (в пересчете на N)	
Аммиачная селитра:	
марка А	34,8
» Б	34,2
Карбамид:	
марки А и Б	46,3
для сельского хозяйства	46,0
Сульфат аммония:	
сорт высший	21,0
» I, II	20,8
Аммиак водный, технический:	
марка А, сорт I	20,5
» А, сорт II	18,0
Аммиак жидкий синтетический (в пересчете на аммиак):	
сорт высший	99,95
» I	99,9
» II	99,6
Селитра натриевая:	
сорт I	16,1
» II	16,0
Сульфат аммония-натрия	17,0
Селитра кальциевая техническая	15,5
Селитра калиевая техническая (в пересчете на KNO_3):	
сорт I	99,8
» II	99,5
» III	98,0
Удобрения аммонийные жидкие	20,5

Удобрение	Содержание действующего вещества
Жидкие углеаммиакаты Удобрения жидкие (плав)	29,0 30,0
Фосфорные удобрения (в пересчете на P_2O_5)	
Суперфосфат двойной:	
марка А, сорт I	49
» А, » II	47
» Б, » I	44
» Б, » II	42
Суперфосфат из апатитового концентрата (порошок):	
сорт I	20
» II	19
Суперфосфат гранулированный из апатитового концентрата	20 ± 1
Суперфосфат аммонизированный из фосфоритов Каратау:	
в пересчете на P_2O_5	15 ± 1
» » » азот	1,5
Боросуперфосфат:	
гранулированный	19,0
с содержанием бора	$0,2 \pm 0,05$
Суперфосфат из апатитового концентрата высушенный и нейтрализованный:	
сорт I	20,0
» II	19
Суперфосфат из апатитового концентрата нейтрализованный и высушенный	19,5
Мука фосфоритная:	
сорт высший	30
» I	25
» II	22
» III	19
Преципитат удобрительный из отходов желатинового производства:	
сорт I	37,5
» II	35,0
Шлак фосфатный мартеновский	10,0
Хлористый калий:	
марка К, сорт высший	62,5
» К, » I	62,0

Удобрение	Содержание действующего вещества
» К, » II	60,0
» Ф, » II	60
» Ф, » III	58,1
Калий хлористый технический крупнозернистый:	
сорт I	57,5±0,6
» II	54,3±0,6
Калий хлористый гранулированный:	
сорт I	60,0±0,6
» II	58,1±0,6
Калийно-магниевый концентрат	18,5±1,0
Калийная соль смешанная	40,0
Сульфат калия технический:	
сорт I	48,0
» II	45,0
Хлор-калий электролит отработанный	45,5
Каннит природный	10,0±0,5
Калимагнезия:	
марка А в пересчете на K ₂ O	29,0±1,0
» А » » » MgO	9,0±1,0
» Б » » » K ₂ O	29,0±1,0
» Б » » » MgO	9,0±1,0

Удобрение	Содержание, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сложные удобрения			
Аммофос из апатитового концентрата	11,5	49,0	—
Аммофос из фосфоритов Каратау:			
сорт I	11,0	46,0	—
» II	11,0	43,0	—
Аммофос удобрительный	11,7	35,5	—
Нитрофос:			
марка А	23,5	17,0	—
» Б	24,0	14,0	—
Нитрофоска:			
марка А	16—17	16—17	16—17
» Б	12,5—13,5	8,5—9,5	12,5—13,5
» В	11,0—12,0	10—11	10—11
Нитроаммофос:			
марка А (1:1)	23	23	—
» Б (1:1,5)	16	24	—

Удобрение	Содержание, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
» В (1:0,8)	25	20	—
Нитроаммофоска:			
сорт I (сумма питатель-			
ных веществ 50)	16	16	Остальное
» II (сумма пита-			
тельных веществ 44)	14	14	Остальное
Диаммонийфосфат грану-			
лированный	19	49	—
Фосфорно - калийные прес-			
сованные:			
марка 1:1	—	14	14
» 1:1,5	—	13	19
Сложно - смешанные грану-			
лированные:			
марка 1:1:1	10—11	10—11	10—11
» 0:1:1	—	13—14	11
» 1:1:1,5	9—10	9—10	14—15
» 0:1:1,5	—	12—13	18—19
Суспензионные комплекс-			
ные:			
марка 7:20:0	6,5—7,5	19—21	—
» 9:9:9	8,5—9,5	8,5—9,5	8,5—9,5

Приложение 2

Коэффициенты пересчета минеральных удобрений в условные туки

Удобрение	Среднее содержание действующего вещества, %	Коэффициент пересчета
-----------	--	--------------------------

Азотные удобрения

(в пересчете на 20,5%-ное содержание N)

Сульфат аммония	20,5	1,00
Аммиачная селитра	34,5	1,70
Натриевая селитра	16	0,78
Кальциевая селитра	16,6	0,81
Мочевина (карбамид)	46	2,24
Хлористый аммоний	25	1,23
Сульфат аммония-натрия	18	0,88
Аммиачная вода	20,5	1,00
Аммиак жидкий	82,5	4,00
Углеаммиакаты	29	1,40

Удобрение	Среднее содержание действующего вещества, %	Коэффициент пересчета
-----------	--	--------------------------

Фосфорные удобрения

(в пересчете на 18,7%-ное содержание P_2O_5)

Суперфосфат простой порошковидный	18,7	1,00
Суперфосфат простой гранулированный	19,5	1,04
Суперфосфат аммонизированный из фосфоритов Каратау	14	0,75
Суперфосфат двойной: на экстракционной кислоте	44	2,35
на термической кислоте	48	2,57
Фосфатшлаки	10	0,53
Фосфоритная мука (в пересчете на 19%-ное содержание P_2O_5)	19	1,00

Калийные удобрения

(в пересчете на 41,6%-ное содержание K_2O)

Хлористый калий	60	1,44
Калийная соль	40	0,96
Хлоркалий-электролит	45	1,08
Сульфат калия	48	1,15
Каинит	10	0,24
Калимагнезия	30	0,72
Концентрат калийно-магниевый	19	0,46

Удобрение	Содержание, %			Коэффициент пересчета в ус- ловные единицы по		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O

Сложные удобрения

Аммофос из апатита	11,5:49	0,56	2,62	—
Аммофос из фосфоритов Каратау	11,0:46	0,54	2,46	—
Аммофос удобрительный	11,7:35,5	0,57	1,90	—
Нитрофоска	11:11:11	0,54	0,59	0,26

Удобрение	Содержание, %			Коэффициент пересчета в ус- ловные единицы по		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Нитрофос	24:14	1,17	0,75	—	—	—
Нитрофос	23,5:17	1,15	0,91	—	—	—
Нитроаммофоска	16:16:16	0,78	0,86	0,38	—	—
Нитроаммофоска	14:14:14	0,68	0,75	0,34	—	—
Нитроаммофос	23:23	1,12	1,23	—	—	—
Нитроаммофос	16:24	0,78	1,28	—	—	—
Нитроаммофос	25:20	1,22	1,07	—	—	—
Диаммонийфосфат удоб- рительный	19:49	0,93	2,62	—	—	—

Кормовые фосфаты

(в пересчете на 20,5%-ное содержание N и 18,7%-ное содержание P₂O₅)

Приципитат кормовой	36	—	1,93	—
Обесфторенные фосфаты	32	—	1,71	—
Монокальцийфосфат	48	—	2,57	—
Диаммонийфосфат	20:50	0,98	2,67	—

Приложение 3

Коэффициенты пересчета из окислов в элементы питательных веществ

$I P_2O_5 = 0,4364 P$
 $I K_2O = 0,8301 K$
 $I CaO = 0,7147 Ca$
 $I CaCO_3 = 0,4004 Ca$
 $I MgO = 0,6031 Mg$

Коэффициенты пересчета из элементов в окислы питательных веществ

$I P = 2,2911 P_2O_5$
 $I K = 1,2046 K_2O$
 $I Ca = 1,3992 CaO$
 $I Ca = 2,4972 CaCO_3$
 $I Mg = 1,6579 MgO$

Допустимость смешивания удобрений

Удобрение	Аммиачная селитра	Сульфат аммония	Мочевина	Суперфосфат простой	Суперфосфат нейтрализован- ный	Суперфосфат гранулированный	Суперфосфат двойной	Преципитат
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Аммиачная селитра	М	У	Н	Н	У	У	У	У
Сульфат ам- мония	У	М	У	М	М	М	М	М
Мочевина	Н	У	М	Н	У	У	У	У
Суперфос- фат простой	Н	М	Н	М	М	М	М	М
Суперфос- фат простой нейтрализо- ванный	У	М	У	М	М	М	М	М
Суперфос- фат грану- лированный	У	М	У	М	М	М	М	М
Суперфос- фат двой- ной	У	М	У	М	М	М	М	М
Преципитат Фосфорит-	У	М	У	М	М	М	М	М
ная мука	У	М	У	М	М	М	М	М
Фосфатшла- ки, томас-	Н	Н	У	Н	Н	Н	Н	Н
шлаки	Н	Н	У	Н	Н	Н	Н	Н
Аммофос, диаммоний- фосфат	У	М	У	М	М	М	М	М
Хлористый калий, хло- ристый ка- лий-электро-	У	У	У	У	У	У	У	У
лит	У	У	У	У	У	У	У	У
40%-ная ка- лийная соль	У	У	У	У	У	У	У	У
Сернокислый калий, ше- нит	У	М	У	М	М	М	М	Н
Поташ, кар- бонаты, це-								

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ментная пыль	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Сильвинит	У	У	У	У	У	У	У	У
Каинит	У	У	У	У	У	У	У	У
Аммиачная селитра	У	Н	У	У	У	Н	У	У
Сульфат аммония	М	Н	М	У	М	Н	У	У
Мочевина	У	У	У	У	У	Н	У	У
Суперфос- фат простой	М	Н	М	У	М	Н	У	У
Суперфос- фат простой нейтрализо- ванный	М	Н	М	У	М	Н	У	У
Суперфос- фат грану- лированный	М	Н	М	У	М	Н	У	У
Суперфос- фат двойной	М	Н	М	У	М	Н	У	У
Преципитат	М	Н	М	У	М	Н	У	У
Фосфорит- ная мука	М	М	М	У	М	Н	У	У
Фосфатшла- ки, томас- шлаки	М	М	Н	У	М	Н	У	У
Аммофос, диаммоний- фосфат	М	Н	М	У	М	Н	М	М
Хлористый калий, хло- ристый ка- лий-электро- лит	У	У	У	М	М	Н	М	М
40%-ная ка- лийная соль	У	У	У	М	М	Н	М	М
Сернокис- лый калий, шенинг	М	М	М	М	М	Н	М	М
Поташ, кар- бонаты, це- ментная пыль	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н
Сильвинит	У	У	М	М	М	Н	М	М
Каинит	У	У	М	У	М	Н	М	М

Примечание. Буквы обозначают: М — смешивать можно; У — смешивать можно непосредственно перед внесением; Н — смешивать нельзя.

Приготовление реактивов для колориметрического определения концентрации фосфора и пламеннофотометрического определения концентрации калия в вытяжках из почвы по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина, Ониани и Масловой.

Реактивы и растворы

Молибденовокислый аммоний ГОСТ 3765—64, х. ч. и ч. д. а.

Серная кислота — ГОСТ 4204—48, концентрированная (уд. в. 1,83—1,84) и 0,1 нормальная х. ч.

Двухлористое олово — ГОСТ 36—40, ч. д. а.

Металлическое олово — ТУ МХП ОРУ 55—56, ч. д. а.

Соляная кислота — ГОСТ 3118—46 (уд. в. 1,174—1,1885) 0,2 нормальный раствор, х. ч.

Фосфорнокислый калий однозамещенный ГОСТ 4198—65, х. ч. и ч. д. а.

Этиловый спирт-ректификат.

Уксусная кислота — ГОСТ 61—51 (ледяная), 0,5 нормальный раствор, х. ч.

Углекислый аммоний ГОСТ 3770—64, 1%-ный раствор, х. ч.

Уксуснокислый аммоний ГОСТ 3117—50, 1%-ный раствор ч. д. а.

Хлористый калий ГОСТ 4234—65, х. ч. и ч. д. а.

Дистиллированная вода ГОСТ 6709—53.

Приготовление растворов

Сульфатмолибденовая жидкость. 2,5%-ный раствор молибденовокислого аммония в серной кислоте: 25 г перекристаллизованного молибденовокислого аммония растворяют в 200 мл дистиллированной воды при комнатной температуре или нагревании не выше 60°C; смешивают 280 мл H_2SO_4 (уд. в. 1,83—1,84) с 500 мл дистиллированной воды. После охлаждения смеси до комнатной температуры оба раствора сливают вместе, вливая серную кислоту в раствор молибденовокислого аммония при постоянном помешивании.

Общий объем раствора доводят до 1 л дистиллированной водой. Полученный сульфатмолибденовый реактив хранят в темной склянке с притертой пробкой.

Перекристаллизация молибденовокислого аммония. 250—300 г соли молибденовокислого аммония растворяют в 500 мл дистиллированной воды (температура раствора не выше 50—60°). К раствору прибавляют аммиак до устойчивого запаха. Горячий раствор фильтруют в кристаллизатор без охлаждения и оставляют в покое на несколько дней, периодически добавляют аммиак до устойчивого запаха. Для получения крупных кристаллов в фильтрат после его охлаждения помещают несколько кристаллов молибденовокислого аммония. После выпадения основной массы кристаллов маточный раствор сливают, выпавшие кристаллы молибденовокислого аммония сушат на воздухе между листами фильтровальной бумаги.

Восстановитель из металлического олова. Навеску 0,32 г мелконаструганного химически чистого металлического олова помещают в мерную колбу на 25 мл и приливают 7 мл концентрированной соляной кислоты уд. в. 1,174—1,1885. Колбу закрывают пробкой с клапаном Бунзена и оставляют стоять на ночь. На следующий день ее помещают в кипящую водяную баню до полного растворения металлического олова. Полученный раствор охлаждают и доводят дистиллированной водой до метки (25 мл).

Восстановитель из соли двухлористого олова. $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ —2,5 г растворяют в 100 мл 10%-ного раствора HCl , подогревая на водяной бане. Для устранения мути, обусловленной присутствием в реактиве некоторого количества SnCl_4 , к горячему раствору (во время процесса растворения соли) прибавляют несколько крупинок металлического олова.

При пользовании дозатором, дозирующим 1 мл, приготовленный раствор восстановителя разбавляют 4 раза для того, чтобы количество олова, добавляемого в 1 мл разбавленного раствора, соответствовало 0,25 мл первоначального раствора.

Приготовление образцовых растворов

Общие указания

а) количествоготавливаемых реактивов рассчитывают с учетом ежедневной потребности для проведения анализов и срока хранения приготовленного реактива;

б) для приготовления образцовых растворов перекристаллизовывают реактивы квалификации химически чистый или чистый для анализа;

в) навески препаратов взвешивают с точностью до 0,0001 г;

г) для приготовления растворов применяют мерные колбы; приготовленные растворы после тщательного их перемешивания переливают в сухие склянки с притертыми пробками;

д) фильтрование приготовленных образцовых растворов не допускается;

е) растворы, содержащие 1 мг или 0,1 мг вещества в 1 мл (если нет специальных указаний), можно хранить длительное время;

ж) разбавленные растворы, содержащие 0,01 мг/мл вещества и более, применяют свежеприготовленными;

з) растворы отмеривают калиброванной пипеткой или бюреткой с точностью до 0,02 мл после предварительного перемешивания основного раствора;

и) при длительном хранении растворов (если нет указаний об ограничении сроков хранения) следует перед их употреблением убедиться в отсутствии мути, хлопьев, осадка; при их наличии раствор заменяют свежеприготовленным;

к) растворы хранят в помещениях при температуре $20 \pm 3^\circ\text{C}$, защищенных от попадания прямых солнечных лучей.

Образцовые растворы фосфата

Стандартный раствор готовят из дважды перекристаллизованного однозамещенного фосфата калия, промытого перед перекристаллизацией этиловым спиртом.

Навеску 0,1917 г $\text{KН}_2\text{PО}_4$ растворяют в 1 л дистиллированной воды. Полученный раствор содержит 0,1 мг P_2O_5 в 1 мл. Из стандартного раствора готовят рабочий образцовый раствор фосфата.

Для этого 25 мл раствора доводят до 1 мл дистиллированной водой. Полученный рабочий образцовый раствор фосфата содержит 0,0025 мг P_2O_5 в 1 мл. Применяют его в свежеприготовленном виде.

Из раствора готовят шкалу образцовых растворов в мерных колбах на 100 мл для построения калибровочного графика.

Таблица 1

Приготовление шкалы образцовых растворов
для построения калибровочного графика

№ колбы	Рабочий образцовый раствор, мл	Содержание P_2O_5 в 1 л образцового раствора (А), мг
1	5,0	0,125
2	10,0	0,250
3	20,0	0,500
4	30,0	0,750
5	40,0	1,000
6	50,0	1,250
7	60,0	1,500
8	70,0	1,750
9	80,0	2,000

По показаниям колориметра и концентрациям P_2O_5 (мг/л) образцового раствора строят калибровочный график, по которому находят концентрации P_2O_5 (мг/л) в испытуемых растворах.

Содержание фосфора (мг) P_2O_5 на 100 г почвы рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{A}{1000} \cdot v \cdot z \cdot 100,$$

где A — концентрация P_2O_5 , найденная по калибровочному графику для испытуемых растворов, мг/л;

v — во сколько раз разведена вытяжка;

z — отношение объема раствора-вытеснителя (вытяжки) к навеске почвы;

100 — пересчет на 100 г почвы;

1000 — пересчет концентрации P_2O_5 на 1 мл.

Шкалу образцовых растворов готовят и просматривают до и после колориметрирования испытуемых растворов.

При изготовлении шкалы образцовых растворов по методам Чирикова и Мачигина в каждую колбу прибавляют раствор-вытеснитель в количествах, соответствующих взятой для колориметрирования вытяжки. В методе Мачигина шкала нейтрализуется 10%-ным раствором H_2SO_4 до слабо-желтого окрашивания по β -динитрофенолу.

Перекристаллизация фосфата калия (K_2HPO_4)

В соли однозамещенного фосфата калия (K_2HPO_4) может присутствовать примесь двузамещенного фосфата калия (K_2HPO_4). Поэтому соль необходимо промывать этиловым спиртом, в котором однозамещенный фосфат калия нерастворим. Для промывки 100—150 г соли достаточно 250—300 мл этилового спирта.

Соль (100—150 г), промытую спиртом и высушенную между листами фильтровальной бумаги, помещают в фарфоровую чашку и растворяют в 195 мл дистиллированной воды. Раствор доводят до кипения, при этом вся соль переходит в раствор. Затем чашку с раствором быстро охлаждают при помощи льда (снега). Выпавший осадок соли отсасывают на воронке Бюхнера. Операцию перекристаллизации повторяют дважды, после чего соль, освобожденную от маточного раствора, сушат между листами фильтровальной бумаги и затем в термостате при температуре 110°C , доводя до постоянного веса.

Образцовые растворы калия

Исходным для приготовления шкалы образцовых растворов является стандартный раствор хлористого калия. Навеску 0,7915 г дважды перекристаллизованного KCl растворяют в 1 л раствора-вытеснителя. Полученный раствор содержит 0,5 мг K_2O в 1 мл. Из этого раствора готовят шкалу образцовых растворов.

Таблица 2

Приготовление шкалы образцовых растворов
для построения калибровочного графика

№ колбы	Количество стандартного раствора, мл	Содержание K_2O в 1 л образцового раствора, мг
1	1,0	2,0
2	2,0	4,0
3	4,0	8,0
4	5,0	10,0
5	10,0	20,0
6	20,0	40,0
7	40,0	80,0
8	50,0	100,0

В колбы на 250 мл вносят следующие количества стандартного раствора (мл): 1, 2, 4, 5, 10, 20, 40 и 50. Содержимое колб доводят до метки раствором вытеснителя (соответственно 0,2 н. HCl) 0,5 н. CH₃COOH; 1% (NH₄)₂CO₃ в зависимости от применяемого метода).

По отсчетам гальванометра и концентрациями K₂O (мг/л) в образцовых растворах строят калибровочный график, по которому находят концентрации K₂O (мг/л) в испытуемых растворах.

Содержание калия (мг) на 100 г (X) почвы рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{A}{1000} \cdot \frac{P \cdot 100}{H},$$

где A — концентрация K₂O (мг/л), найденная по калибровочному графику для испытуемых растворов, мг/л;

$\frac{P}{H}$ — отношение объема раствора-вытеснителя (вытяжки) к навеске почвы;

1000 — пересчет концентрации K₂O на 1 мл;

100 — пересчет на 100 г почвы.

В зависимости от стабильности работы пламенного фотометра образцовые растворы просматривают на нем после проверки каждые 10—30 испытуемых растворов.

Колбы для приготовления образцовых растворов калибруются по весу.

Перекристаллизация хлористого калия: 100 г соли KCl квалификации х. ч. или ч. д. а. растворяют в 200 мг горячей дистиллированной воды, и раствор фильтруют через беззольный фильтр. Фильтрат слегка упаривают до образования кристаллической пленки и охлаждают. Выпавшие кристаллы соли отсасывают на бюхнеровской воронке. Операцию повторяют. Затем кристаллы, полученные после второй перекристаллизации, сушат в термостате при температуре 100°C до постоянного веса,

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ (рН) В ПОЧВАХ С КИСЛОЙ РЕАКЦИЕЙ

Принцип метода

Метод основан на определении концентрации водородных ионов в 1,0 нормальной KCl вытяжке из почвы с помощью стеклянного электрода. Соотношение объемов почва : раствор = 1 : 2,5.

При определении кислотности (рН) торфянистых и торфяных почв соотношение равно 1:25.

Аппаратура и посуда

Мерка для отмеривания пробы почвы 30 г.

Десятипозиционный дозатор для дозирования 1,0 нормального раствора хлористого калия. Ошибка дозирования 5%.

Электромеханическая мешалка пропеллерного типа 700 об/мин для перемешивания почвы с раствором. рН-метр со стеклянным электродом для определения рН почвенных суспензий с точностью измерения 0,1 рН.

Анализ проводят в бытовых банках по ГОСТ 5717—51, установленных в десятипозиционные кассеты.

Реактивы

Хлористый калий по ГОСТ 4234—65, 1,0 нормальный раствор, кислотность раствора 5,6—6,0 рН, х. ч. и ч. д. а.

Буферные растворы для проверки рН-метра. Их готовят из фиксаналов МРТУ 6—09—1289—64 или буферных таблеток. При их отсутствии буферные растворы получают в соответствии с ГОСТ 10170—62 и 10171—62, группа П—63. Дистиллированная вода по ГОСТ 6709—53.

Ход анализа

Воздушно-сухую почву (торф) весом 30 г, растертую и просеянную через сито с отверстиями 2 мм, помещают в бытовые банки, установленные в кассеты по 10 штук. Помещают кассету под дозатор и одновременно в 10 банок наливают по 75 мл 1,0 н раствора KCl. Затем кассеты переносят в электромеханическую мешалку для перемешивания почвы с раствором в течение 1 мин,

На следующий день после полуминутного перемешивания в суспензии определяют значение рН на десятипозиционном рН-метре ПЛП-64 или на любом рН-метре со стеклянным электродом, обеспечивающим точность измерения не менее $\pm 0,1$ рН. Отсчет показания рН-метра проводят через 1,5 мин после погружения электродов в суспензию.

При определении рН электроды переносят из одной суспензии в другую без обмыва. После погружения электродов кассеты слегка встряхивают.

Допустимые расхождения при определении рН почв в 1,0-нормальном хлористом калии в одной лаборатории $\pm 0,2$ рН, в разных лабораториях $\pm 0,3$ рН.

Приложение 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ФОСФОРА И КАЛИЯ ИЗ ОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ПО КИРСАНОВУ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ И СЕРЫХ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВАХ, А ТАКЖЕ В НЕКАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ

Принцип метода

Метод основан на извлечении из почвы подвижных фосфора и калия 0,2-нормальным раствором соляной кислоты с последующим определением фосфора на фотоэлектроколориметре, а калия на пламенном фотометре.

Соотношение почва: раствор = 1:5.

Для торфянистых и торфяных почв соотношение почва: раствор = 1:50.

Аппаратура и посуда

Весы техноаналитические для взятия навесок.

Дозатор для дозирования 0,2-нормальной HCl. Допустимые отклонения при дозировании не более 2%.

Электромеханическая мешалка пропеллерная, 700 об/мин для перемешивания почвенной суспензии. Фильтровальные 10-позиционные установки.

Дозатор для отбора порции фильтрата на определение фосфора. Допустимая ошибка дозирования не более 1%.

Дозаторы для последовательного добавления дистиллированной воды, сульфатмолибденовой жидкости и раствора-восстановителя. Ошибка дозирования по каждому из них не более 1%.

Фотоэлектроколориметр для определения P_2O_5 . Ошибка колориметрирования не более 5%.

Пламенный фотометр для определения K_2O в почвенных вытяжках. Допустимо использование пламени: воздушно-пропанбутанового, воздушно-бензинового, воздушно-ацетиленового. При работе с воздушно-ацетиленовым пламенем используют компенсационное устройство, а при его отсутствии осаждают кальций в вытяжках щавелевокислым аммонием. Ошибка при определении не должна превышать 10%.

В анализе используют бытовые банки по ГОСТ 5717—51, установленные в 10-позиционные кассеты.

Реактивы и растворы

Соляная кислота по ГОСТ 3118—46, уд. в. 1,174—1,1885, 0,2-нормальная, титрованная (допускается 0,19—0,21 н), х. ч.

Молибденовокислый аммоний по ГОСТ 3765—64, 2,5%-ный раствор, х. ч. и ч. д. а.

Серная кислота по ГОСТ 4204—48, концентрированная (уд. в. 1,83—1,84), х. ч.

Двухлористое олово по ГОСТ 36—40, ч. д. а.

Металлическое олово по ТУ МХП ОРУ 55—56, ч. д. а.

Фосфорнокислый калий однозамещенный по ГОСТ 4198—65 х. ч. и ч. д. а.

Хлористый калий по ГОСТ 4234—65, х. ч. и ч. д. а.

Вода дистиллированная по ГОСТ 6709—53,

Ход анализа

Воздушно-сухую почву весом 10 г, растертую и просеянную через сито с диаметром отверстий 2 мм, взвешивают на техноаналитических весах и пересыпают в бытовые банки, установленные в специальные 10-позиционные кассеты. Из 10-позиционного дозатора заливают навески 50 мл 0,2-нормальной HCl . Кассету помещают в электромеханическую мешалку и в течение 1 мин почву перемешивают с раствором. После перемешивания суспензию оставляют стоять 15 мин, а затем фильтруют

через фильтры, не содержащие P_2O_5 . Из фильтра шприц-дозатором отбирают по 5 мл вытяжки в бытовые банки в кассетах. С помощью дозаторов последовательно при перемешивании дозируют в вытяжку 90 мл дистиллированной воды, 4 мл сульфатмолибденовой жидкости, 1 мл разбавленного раствора-восстановителя. Через 5 мин после добавления восстановителя колориметрируют раствор в течение 5 мин. В оставшемся фильтрате определяют калий на пламенном фотометре.

При определении фосфора и калия в торфянистых и торфяных почвах по методу Кирсанова после 1-минутного взбалтывания на механической мешалке раствор отстаивают в течение 16—18 ч с последующим фильтрованием.

Расхождения при параллельных определениях фосфора и калия из разных навесок почвы в одной лаборатории допускаются 15%, в разных лабораториях — 20%.

Приложение 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА И КАЛИЯ В КАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ, КАШТАНОВЫХ, БУРЫХ И СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ

Принцип метода

Метод основан на извлечении фосфора и калия из почвы 1%-ным раствором углекислого аммония с последующим определением концентрации фосфора на фотоэлектроколориметре и калия на пламенном фотометре. Извлекать фосфор и калий из почвы по методу Мачиги-на необходимо при температуре $25^\circ \pm 2^\circ C$.

Перед колориметрированием вытяжки, окрашенные органическим веществом, обесцвечивают. Вытяжку готовят при соотношении почва: раствор = 1:20,

Аппаратура и посуда

Весы техноаналитические для взятия навесок почвы.

Дозатор для дозирования 1%-ного углекислого аммония. Ошибка дозирования не должна превышать 2%.

Встряхиватель для перемешивания почвенной суспензии с возвратно-поступательным движением при встряхивании.

Термостат с автоматической регулировкой температуры в пределах $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ для термостатирования почвенных суспензий при извлечении P_2O_5 и K_2O . Фильтровальные 10-позиционные установки. Шприц-дозатор для отбора фильтрата на определение фосфора. Ошибка дозирования не должна превышать 1%. Дозатор для дозирования серной кислоты. Ошибка дозирования не должна превышать 5%. Дозатор для дозирования перманганата. Ошибка дозирования не более 5%. Установка для нагревания колб в кассетах. Установка для нейтрализации избытка серной кислоты по индикатору. Дозатор для дозирования 10%-ного раствора глюкозы. Ошибка дозирования не более 5%. Установка для охлаждения колб в кассетах.

Дозаторы для последовательного дозирования дистиллированной воды, сульфатмолибденовой жидкости и хлористого олова. Ошибка дозирования по каждому из них не более 1%.

Фотоэлектроколориметр для определения концентрации фосфора в почвенной вытяжке. Ошибка колориметрирования не должна превышать 5%.

Пламенный фотометр для определения калия в почвенной вытяжке. Допустимо использование пламени: воздушно-пропанбутанового, воздушно-бензинового, воздушно-ацетиленового. При работе с воздушно-ацетиленовым пламенем используют компенсационное устройство, а при его отсутствии кальций осаждают щавелевокислым аммонием. Ошибка определения допускается до 10%.

Посуда: градуированные бутылки емкостью на 200 мл по ГОСТ 10117—62, бытовые банки по ГОСТ 5717—51 и конические колбы емкостью 100—150 мл, оттарированные по объему на 100 мл.

Реактивы и растворы

Углекислый аммоний, ГОСТ 3770—64, 1%-ный раствор, х. ч., реакция раствора рН 9,0 (доводится до величины рН — 9,0 аммиаком).

Марганцовокислый калий — ГОСТ 4527—48, 0,5-нормальный раствор х. ч.

Серная кислота, ГОСТ 4204—48, уд. в. 1,83—1,84, 10%- и 27%-ные растворы. Растворы готовят по объему х. ч.

Глюкоза — ГОСТ 6038—51, 10%-ный раствор, ч.
Аммиак — ГОСТ 3760—64, 10%-ный раствор, раствор
готовят по объему, ч. д. а.
Металлическое олово — ТУ МХП ОРУ 55—56, ч. д. а.
Молибденово-кислый аммоний — ГОСТ 3765—64, х. ч.
и ч. д. а.
Двухлористое олово — ГОСТ 36—40, ч. д. а.
Хлористый калий — ГОСТ 4234—65, х. ч. и ч. д. а.
Фосфорнокислый калий однозамещенный — ГОСТ
4198—65, х. ч. и ч. д. а.
Бета-динитрофенол — ТУ МХП 2832—53, инд.
Вода дистиллированная — ГОСТ 6709—53.

Ход анализа (по Мачигину)

На техноаналитических весах взвешивают 5 г воздушно-сухой растертой и просеянной через сито в 2 мм почвы и пересыпают в бутылки емкостью 200 мл, установленные по 10 штук в кассеты. Из 10-позиционного дозатора заливают навески 100 мл 1%-ного раствора углекислого аммония, закрывают бутылки пробками и взбалтывают 5 мин на встряхивателе возвратно-поступательным движением. После встряхивания кассеты с бутылками помещают в термостат и оставляют на 18—20 ч при температуре $25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$. На следующий день встряхивают кассеты 5—6 раз от руки, фильтруют суспензии через фильтры, не содержащие фосфора (первые порции фильтрата отбрасывают). Из фильтрата шприц-дозатором отбирают 10 мл вытяжки в конические колбы с отметкой на 100 мл, установленные в специальные 10-позиционные кассеты. Туда же дозируют по 4 мл 0,5-нормального KMnO_4 и 2 мл 2%-ной H_2SO_4 и при нагреве на специальных установках проводят окисление органического вещества, перешедшего в вытяжку (кипятят в течение 2 мин с момента закипания).

Избыток перманганата обесцвечивают прибавлением к горячему раствору 1 мл 10%-ного раствора глюкозы. Затем кассеты помещают в ванну для охлаждения. После охлаждения избыток серной кислоты нейтрализуют 10%-ным раствором аммиака с добавлением 3 капель β -динитрофенола до слабо-желтой окраски. С помощью дозаторов к вытяжкам при перемешивании последовательно прибавляют 75 мл дистиллированной воды, 4 мл

сульфатмолибденовой жидкости и 1 мл разбавленного раствора хлористого олова. При нейтрализации расходуют разное количество аммиака, поэтому колориметрируемый раствор после прибавления раствора хлористого олова доводят дистиллированной водой до объема 100 мл. Через 5 мин после прибавления раствора хлористого олова приступают к колориметрированию, которое проводят в течение 5 мин. В оставшемся фильтре определяют содержание калия на пламенном фотометре.

Приложение 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА И КАЛИЯ В НЕКАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ

Принцип метода

Метод основан на извлечении подвижного фосфора и калия из почвы 0,5-нормальным раствором уксусной кислоты.

В полученном фильтрате фосфор определяют колориметрически, а калий — на пламенном фотометре. Соотношение почва: раствор = 1:25.

Аппаратура и посуда

Весы техноаналитические для взятия навесок почвы.

Дозатор для дозирования 0,5-нормального раствора уксусной кислоты. Ошибка дозирования не должна превышать 2%.

Ротатор для взбалтывания почвенной суспензии с оборотом на 360°, вал 30—40 об/мин.

Фильтровальные 10-позиционные установки.

Шприц-дозатор для отбора фильтрата на определение в нем концентрации P_2O_5 . Ошибка дозирования не должна превышать 1%.

Дозаторы для последовательного дозирования дистиллированной воды, сульфатмолибденовой жидкости и раствора-восстановителя. Ошибка дозирования каждого из них до 1%.

Фотоэлектроколориметр для определения концентрации P_2O_5 в почвенной вытяжке. Точность колориметрирования 5% от определяемой концентрации.

Пламенный фотометр для определения калия в почвенной вытяжке. Допустимо использование пламени: воздушно-пропанбутанового, воздушно-бензинового, воздушно-ацетиленового. При работе с воздушно-ацетиленовым пламенем используют компенсационное устройство, а при его отсутствии кальций в вытяжках осаждают щавелевокислым аммонием. Ошибка определения не должна превышать 10%.

В анализе используются бытовые банки по ГОСТ 5717-51, установленные в 10-позиционные кассеты,

Реактивы и растворы

Уксусная кислота — ГОСТ 61—51 (ледяная), 0,5-нормальный раствор, х. ч.

Молибденовокислый аммоний — ГОСТ 3765—64, х. ч. и ч. д. а.

Серная кислота — ГОСТ 4204—48, уд. в. 1,83—1,84, х. ч.

Двухлористое олово — ГОСТ 36—40, ч. д. а.

Фосфорнокислый калий однозамещенный — ГОСТ 4198—65, х. ч., ч. д. а.

Хлористый калий — ГОСТ 4234—65, ч. д. а. и х. ч.

Вода дистиллированная — ГОСТ 6709—53.

Ход анализа

На техноаналитических весах отвешивают 4 г воздушно-сухой почвы, растертой и просеянной через сито в 2 мм, и пересыпают в бытовые банки, установленные в кассеты по 10 штук. Заливают при помощи 10-позиционного дозатора 100 мл 0,5 н. уксусной кислоты.

Кассеты загружают в ротатор и взбалтывают почву с раствором в течение 1 ч. После взбалтывания разгружают ротатор, и кассеты с содержимым оставляют стоять на 18—20 ч.

На следующий день суспензии кратковременно взбалтывают от руки и фильтруют через фильтры, не содержащие фосфора. Из фильтра шприц-дозатором отбирают раствор по 10 мл и переносят в пустые чистые банки,

установленные в кассеты. С помощью дозаторов последовательно при постоянном перемешивании в банки с отобранными по 10 мл вытяжками добавляют 85 см дистиллированной воды, 4 мл сульфатмолибденовой жидкости и 1 мл разбавленного раствора хлористого олова. Через 5 мин приступают к колориметрированию в течение 5 мин. В оставшемся фильтрате определяют калий на пламенном фотометре.

Расхождения при определении подвижных форм фосфора и калия при параллельных определениях в одной лаборатории допускаются 15%, в разных лабораториях — 20%.

Приложение 10

МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Измельчитель минеральных удобрений ИСУ-4

Предназначен для измельчения слежавшихся удобрений. Производительность за 1 ч чистой работы до 6 т. Измельчитель навешивается на тракторы класса 0,9—1,4 т с приводом до ВОМ трактора. Для работы на складах минеральных удобрений он может дополнительно комплектоваться электроприводом с мощностью электродвигателя 8,0 кВт.

Разбрасыватель-сеялка туковая РТТ-4,2.

Сеялка прицепная используется для разбрасывания минеральных удобрений по поверхности почвы. Ширина захвата 4,2 м, емкость тукового ящика 700 дм³.

Производительность за 1 ч сменного времени при скорости трактора 10 км/ч и коэффициенте использования рабочего времени $K=0,75-3,14$ га/ч.

Разбрасыватель как эшелонированного, так и шеренгового типа с гидрофицированной сцепкой СП-16 агрегируется с тракторами класса 1,4—3 т. Одна сеялка агрегируется с тракторами класса 0,6—0,9 т.

Разбрасыватель 1-РМГ-4

Предназначен для поверхностного внесения минеральных удобрений и извести. Прицепной одноосный, грузоподъемностью 4 т. Рабочие органы центробежного типа. Производительность 12 га/ч при скорости 12 км/ч.

Агрегатируется с тракторами ЮМЗ-6 и «Беларусь» всех модификаций, оборудованными гидрокрюком и приводом тормозной системы. Рекомендуются для всех зон.

Разбрасыватель КСА-3

Разбрасыватель представляет собой съемный кузов с разбрасывающим устройством, установленный на шасси автомобиля ЗИЛ-ММЗ-555. Используется для транспортировки и внесения на поверхность почвы извести, гипса, минеральных удобрений. Он состоит из следующих основных узлов: кузова с транспортером, дозирующего устройства, разбрасывающего и ветрозащитного устройств и привода рабочих органов. Привод разбрасывающего устройства осуществляется от гидросистемы автомобиля с помощью гидромотора МНШ-46, привод транспортера — от ходового колеса шасси через ролик и три цепные передачи. Емкость кузова 3 м³. Рекомендуются в основном для работ в механизированных отрядах «Сельхозтехника». Разбрасыватель поставляется без автомобиля.

Разбрасыватель НРУ-0,5

Навесной центробежный, служит для поверхностного внесения минеральных удобрений и семян сидератов. Емкость бункера 410 дм³, производительность 10 га/ч. Агрегатируется с тракторами класса 0,6—1,4 т.

Разбрасыватель РМС-6

Навесной центробежный, используется для поверхностного внесения минеральных удобрений и сидератов на полях, в садах и на склонах крутизной до 20°. Емкость бункера 410 дм³, производительность 10 га/ч при скорости 10 км/ч. Агрегатируется с тракторами Т-40АМ,

а также класса 0,9—1,4 т, кроме МТЗ-5Л, Рекомендуется для районов горного земледелия,

Подкормщик-опрыскиватель универсальный ПОУ

Предназначен для внесения водного аммиака при вспашке, предпосевной обработке почвы и подкормке пропашных культур, а также сплошного и рядкового опрыскивания гербицидами для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями зерновых, пропашных и других культур. Навешивается на тракторы ДТ-54А, Т-74, ДТ-75, Т-38М, Т-40, Т-16М, ЮМЗ-6Л/М, «Беларусь» всех модификаций. Ширина захвата 1—15 м, производительность 0,5—2,9 га/ч. Обслуживает подкормщик один человек. Емкость резервуаров 600 л. Рекомендуется для всех зон. Дополнительное оборудование — 25-метровая штанга.

Приспособление УЛП-8 к ПОУ

Служит для внесения водного аммиака на лугах и пастбищах непосредственно в дерновый слой без обработки почвы. Приспособление навешивается на трактор класса 1,4 или 3 т, оборудованный подкормщиком-опрыскивателем универсальным ПОУ с резервуаром емкостью 600 л. Каждая из восьми секций приспособления состоит из дискового ножа, подкормочной лапы и катка. Ширина захвата 2,45 м. Рабочая скорость до 6,6 км/ч. Глубина хода подкормочной лапы 10—16 см, производительность до 0,8 га/ч. Рекомендуется для всех зон.

Комплекс машин для транспортировки и внесения в почву безводного аммиака

Комплекс включает заправщик ЗБА-2,6-130 на шасси автомобиля ЗИЛ-130, заправщик ЗБА-2,6-817 на шасси автомобильного прицепа ГКБ-817, агрегат для внесения безводного аммиака в почву АБА-0,5 с серийным культиватором КРН-4,2.

Заправщик ЗБА-2,6-130 может быть использован как самостоятельное транспортное средство или включаться в состав автопоезда с заправщиком ЗБА-2,6-817. Он применяется для транспортировки безводного аммиака с завода или прирельсового склада до хранилища или не-

посредственно в поле; перекачки безводного аммиака в емкости хранилищ или в цистерны заправщиков ЗБА-2,6-817, а также в агрегат АБА-0,5.

Заправщик ЗБА-2,6-817, кроме использования в составе автопоезда с заправщиком ЗБА-2,6-130, может применяться как самостоятельное транспортное средство или промежуточная емкость, в этом случае он агрегируется с трактором класса 1,4 т, имеющим пневмопривод тормозов прицепа (ЮМЗ-6, МТЗ-80, МТЗ-82). Заправщики ЗБА-2,6-817 и ЗБА-2,6-330 по конструктивному оформлению всех основных узлов и техническим параметрам идентичны между собой за исключением элементов крепления заправщика к шасси транспортного средства.

Емкость цистерны 4600 л, вес аммиака в ней 2625 кг, максимальное рабочее давление — 16 кг/см².

Агрегат АБА-0,5 предназначен для внесения жидкого аммиака в почву перед посевом озимых и яровых культур и в период вегетации под пропашные культуры, а также на лугах и пастбищах при использовании специального приспособления.

Емкость цистерны 927 л, вес аммиака в цистерне 525 кг, максимальное рабочее давление в цистерне 16 кг/см², производительность 2 га/ч, норма внесения аммиака от 40 до 200 кг/га. Агрегируется с тракторами класса 1,4 т.

Культиватор КРН-4,2 в комплекте с агрегатом АБА-0,5 не поставляется.

Разбрасыватель РУМ-3

Предназначен для поверхностного внесения минеральных удобрений и извести. Прицепной одноосный, грузоподъемность 3 т. Рабочие органы центробежного типа. Производительность 1 га/ч при скорости 10 км/ч.

Разбрасыватель поставляется в комплекте со сменным саморазгружающимся грузом для перевозки различных сельскохозяйственных грузов.

Агрегируется с тракторами Т-40, Т-40А, «Беларусь» всех модификаций, оборудованными гидрокрюком и приводом тормозной системы прицепа. Рекомендуются для всех зон,

СОДЕРЖАНИЕ

ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ	4
Условия питания сельскохозяйственных культур	5
Вода	7
Тепло и свет	11
Воздушное питание	14
Почвенное (корневое) питание	17
Влияние реакции среды на развитие растений	25
Значение основных элементов в питании растений	27
Азот	27
Фосфор	32
Калий	37
Сера	38
Кальций	40
Магний	40
Железо	41
Микроэлементы	41
Химический состав растений	46
Агрохимические свойства почв	53
АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ	53
Минеральная часть почв	53
Механический состав почв	56
Водные свойства почв	58
Органическое вещество почв	58
Поглотительная способность почв	62
Радиоактивность почв	66
Кислотность почв	67
АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ	71
Основные зоны и их почвы	71
Лесная зона	71
Лесостепная и степная зоны	75
Сухостепная и пустынно-степная (полупустынная) зоны	81
Восточно-Сибирская таежная зона	84
Дальневосточная лесная зона	86

Содержание основных элементов питания в почве . . .	87
Фосфор	87
Подвижные фосфаты	88
Калий	92
Подвижный калий	93
Азот	95
Характеристика почв по степени кислотности . . .	98
ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ . . .	100
Полевые исследования, отбор почвенных образцов . .	100
Оформление почвенных образцов	103
Составление картограмм кислотности почв	104
Составление картограмм фосфора и калия	105
ИЗВЕСТКОВАНИЕ КИСЛЫХ ПОЧВ	109
Отношение сельскохозяйственных культур к известкованию почв	111
Очередность известкования	112
Определение доз известковых удобрений	116
Повторное известкование	121
Нейтрализация минеральных удобрений	123
Известкование с применением удобрений	124
Известковые удобрения	126
Гипсование солонцовых почв	127
УДОБРЕНИЯ	130
Минеральные удобрения	130
Азотные	130
Аммиачные	132
Аммонийные	135
Нитратные	137
Аммонийно-нитратные	138
Амидные	139
Фосфорные	144
Водорастворимые фосфаты	145
Лимонно- и цитратнорастворимые фосфаты	152
Труднорастворимые фосфаты	156
Калийные	157
Магниевые	164
Серные	170
Железные	171
Микроудобрения	172
Борные	172
Молибденовые	176
Медные	177
Марганцевые	179
Цинковые	180
Кобальтовые	180
Иодные и бромные	182
Комплексные	182

Сложные	183
Жидкие сложные	189
Суспензированные	190
Сложно-смешанные	191
Смешанные (тукосмеси)	191
Органические удобрения	192
Навоз	193
Сроки и способы хранения	195
Основные приемы использования навоза	204
Навозная жижа	205
Птичий помет	206
Бесподстильный навоз	207
Удаление	210
Хранение	213
Дозы и сроки внесения	216
Применение бесподстильного навоза	216
Техника для применения бесподстильного навоза	219
Использование торфа	221
Торфянонавозные компосты	221
Торфожиловые и торфофекальные компосты	224
Использование органических отходов	225
Солома	225
Городской мусор	228
Осадки сточных вод	228
Фекалии	229
Зола	230
Зимнее внесение органических удобрений	231
Зеленое удобрение	235
Способы выращивания и использования сидератов	235
ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ	237
Удобрения отдельных культур	244
Озимые зерновые культуры	244
Яровые зерновые культуры	249
Кукуруза	258
Просо и гречиха	262
Зернобобовые культуры	263
Картофель	267
Лен	270
Сахарная свекла	270
Подсолнечник	271
Конопля и кориандр	272
Махорка	273
Табак	273
Овощные культуры	274
Плодовые и ягодные культуры	277
Виноград	282
Удобрение полевых кормовых культур	282
Удобрение лугов и пастбищ	286
Удобрения на орошаемых землях	291

Удобрения на эродированных землях	297
Экономическая эффективность удобрений	299
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УДОБРЕНИЯХ	304
Лабораторные методы	304
ВЕГЕТАЦИОННЫЙ МЕТОД	312
Полевой опыт с удобрениями	312
Определение доз удобрений	321
ПРИЛОЖЕНИЯ	322

СПРАВОЧНИК АГРОХИМИКА

Зав. редакцией *А. Л. Скульская*

Редактор *И. П. Незговорова*

Переплет художника *Ф. Ю. Элинбаума*

Технический редактор *Н. Н. Шуневич*

Корректоры: *Т. Д. Звягинцева, Н. М. Сергеева*

Л 105 563. Сдано в производство 19/І 1976 г. Подписано к печати 11/V 1976 г. Объем 18,48 усл. печ. л. 17,94 уч.-изд. л. Бум. № 2. Формат 84×108¹/₃₂. Тираж 100 000. Изд. № 1465. Заказ 342. Цена в переплете № 7 — 78 коп., в переплете № 5 — 65 коп.

Россельхозиздат, г. Москва, Б-139, Орликов пер., За

Типография издательства «Коммунар»,
г. Тула, ул. Ф. Энгельса, 150.

С78 Справочник агрохимика. М., Россельхоз-
издат, 1976.

350 с.

На обороте тит. л. сост. Д. А. Кореньков.

В справочнике представлены сведения об условиях пита-
ния сельскохозяйственных культур и их химическом составе.

Дана агрохимическая характеристика видов и форм
удобрений и рекомендованы их дозы для отдельных культур,
лугов и пастбищ, на орошаемых и эродированных землях.

85 коп.

1830

МОСКВА
РОССЕЛЬХОЗИЗДАТ
1976