

библиотечка агрохимических
знаний



А.В. ПЕТЕРБУРГСКИЙ
А.П. СМИРНОВ

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

библиотечка агрохимических
знаний

А.В.ПЕТЕРБУРГСКИЙ
А.П.СМИРНОВ

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

МОСКВА РОСАГРОПРОМИЗДАТ 1989

ББК 40.4
П 29
УДК 631.8

Под общей редакцией
кандидата сельскохозяйственных наук А. В. Постникова

Петербургский А. В., Смирнов А. П.
П29 Минеральные удобрения.— М.: Росагропромпиздат, 1989.— 95 с.: ил.— (Б-чка агрохимических знаний)

ISBN 5—260—00072—2

В брошюре приведена краткая характеристика азотных, фосфорных и калийных удобрений. Рассказано о влиянии удобрений на урожай важнейших сельскохозяйственных культур в зависимости от типов почв, сроков и способов внесения. Изложены методы определения потребности в удобрениях. Показана эффективность отдельных видов удобрений и их совместного применения.

Рассчитана на работников агрохимической службы хозяйства.

П $\frac{3702050000-069}{M 104(03)-89}$ 43—89

ББК 40.4

ISBN 5—260—00072—2 © Росагропромпиздат, 1989

РОЛЬ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Выращивание растений по индустриальным и интенсивным технологиям требует особого внимания к использованию удобрений.

Цель внесения удобрений — добавление в почву тех питательных веществ, которых не хватает растениям. Нельзя правильно и экономно удобрять почву, не зная ее свойств и главного из них — ее плодородия. Академик Д. И. Прянишников писал: «Недостаток знаний нельзя заменить избытком удобрений». Избыток — не только излишние затраты, но и риск ухудшить качество урожая, отравить водоемы.

Не только специалисты, но и все труженики полей должны хорошо знать свойства удобрений и лучшие способы их применения, а также использовать передовой опыт по внесению удобрений в своей зоне.

Известно, что почвы и климат изменяются при продвижении с севера на юг. В этом же направлении изменяется действие и минеральных удобрений. Подтверждением этому служат результаты опытов с озимой пшеницей, проведенных станциями химизации сельского хозяйства на полях колхозов и совхозов (табл. 1).

Урожайность озимой пшеницы в контроле (без удобрений) возрастала по мере продвижения к югу. В целом действие азота и калия убывает по мере продвижения с севера на юг, а фосфора возрастает. Эти результаты массовых опытов сви-

1. Влияние удобрений на прирост урожайности озимой пшеницы в различных климатических зонах

Зона	Количество опытов	Дозы питательных веществ, кг/га			Урожайность (без удобрений), ц/га	Прибавка урожайности от удобрений, ц/га	Доля в прибавке урожайности, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Южно-таежная	318	100	80	80	19,9	12	52	24	24
Лесостепная	938	85	75	70	26,2	8,1	41	36	23
Степная	734	61	64	41	27,4	5,9	37	53	10
Сухостепная	97	45	60	—	30,3	5,4	28	72	—

детельствуют, что преимущество в поставках азотных и калийных туков должна иметь Нечерноземная зона, а фосфорных — Черноземная и засушливые регионы.

В каждом районе и в любой области Российской Федерации есть передовые колхозы и совхозы, которые в тех же условиях получают более высокие урожаи, чем соседние хозяйства. Успех передовых хозяйств обеспечивается разумным отношением к почве, растениям, использованию машин и удобрений.

Огромна роль удобрений в управлении питанием растений. Все растения обитают одновременно в почве и в воздухе. Из воздуха и почвы растения получают необходимые вещества, которые служат для синтеза урожая.

Воздушное питание растений (фотосинтез) обеспечивает образование сложных органических соединений из углекислого газа и воды за счет использования энергии солнечных лучей. Углекислый газ проникает в листья из воздуха через мель-

чайшие отверстия в пластинке листа — устьица. Своим зеленым цветом листья обязаны зеленому красящему веществу (пигменту) — хлорофиллу, играющему самую важную роль в процессе фотосинтеза.

Правильно построенная система питания растений азотом, фосфором и калием обеспечивает возможность управления углеродным воздушным питанием (фотосинтезом). Этих веществ нередко не хватает в почве в форме, доступной растениям, что вызывает необходимость применения их в виде удобрений. Кроме этих элементов, растения берут из почвы целый ряд других минеральных соединений, содержащих кальций, магний, серу, железо, бор, марганец, медь, молибден, цинк, кобальт. Последние семь химических элементов называют микроэлементами.

Перечисленные элементы необходимы всем сельскохозяйственным культурам и ни один из них нельзя заменить другим. Разница лишь в количестве: макроэлементы потребляются в гораздо больших количествах, чем микроэлементы.

В практике земледелия наиболее часто приходится сталкиваться с недостатком в почве трех макроэлементов — азота, фосфора и калия. В кислых почвах бывает также нехватка кальция и магния, а из микроэлементов — молибдена. Супесчаные почвы бедны к тому же и соединениями серы. Недостаток железа, бора и марганца присущ карбонатным почвам (богатым известью и имеющим щелочную реакцию).

Уровень питательных веществ в почве поддерживается внесением навоза, компостов, минеральных удобрений и известкованием кислых почв или гипсованием щелочных (солонцов).

Необходимые условия более полного исполь-

зования плодородия почвы: правильная ее обработка для уничтожения сорняков, поддержание рыхлости, чередование культур в севообороте. Бесменное возделывание в течение длительного времени одного растения ведет к одностороннему истощению почвы, ухудшению ее физических свойств. Наиболее целесообразны плодосменные севообороты, в которых чередуются зерновые и пропашные растения, многолетние травы и занятые или чистые (в засушливых условиях) пары. Только при таких условиях и почва не истощается.

Почва может быть кислой или щелочной. Есть два вида кислотности почвы: активная и потенциальная (скрытая). Первая обусловлена наличием в почвенном растворе минеральных и отчасти органических кислот, молекулы которых содержат ионы водорода. Активную кислотность выражают условным показателем рН. Нейтральная реакция бывает при рН 7; ниже рН 7 реакция становится в разной степени кислой: при рН 6 — слабокислой, при 5 — кислой, при 4 — сильнокислой, при рН 8 — щелочной, выше 8 — сильно щелочной. В сильнокислой почве наряду с ионами водорода в почвенном растворе появляются еще более вредные для растений ионы алюминия. Щелочная реакция обусловлена ионами гидроксила OH^-

Потенциальная (скрытая) кислотность почвы обусловлена ионами водорода, находящимися в почве в поглощенном коллоидами состоянии. Ее выражают в миллиграммах ионов водорода на 100 г почвы.

Обе формы почвенной кислотности нейтрализуют известкованием, точнее нейтрализация достигается при расчете нормы извести по потенциальной кислотности: 1 мг на 100 г пахотного слоя почвы требует внесения 1,5 т/га извести (CaCO_3).

Щелочность (солонцеватых почв и солонцов) нейтрализуют гипсованием. В щелочных почвах присутствуют в поглощенном состоянии ионы натрия. Для расчета нормы гипса надо определить наличие в почве поглощенного натрия.

Известкование кислых и гипсование щелочных почв относятся к химической мелиорации (коренному улучшению). Эти обработки почвы связаны с большими расходами, которые компенсируются государством. Надежное средство улучшения засоленных почв — их промывание водой. Но если в засоленной почве есть сода Na_2CO_3 , то промывания водой недостаточно. Содовые солончаки надо промывать слабым (1 %-ным) раствором серной кислоты, используя для этой цели отход производства серноокислотных заводов.

Практическое выражение почвенного плодородия — урожай возделываемых культур, при условии, что они не страдали от недостатка влаги и плохой агротехники. Урожай зависит от того фактора, влияющего на рост культур, который находится в минимуме. Без преодоления этого минимума невозможно повышать урожай и улучшать его качество. Очень часто в минимуме оказывается азот или фосфор (или оба одновременно). Реже проявляется дефицит калия.

Важно еще до посева выяснить, каких элементов питания растениям может не хватать, и устранить выявленный дефицит внесением соответствующих удобрений. Агрохимики постоянно анализируют почву, что позволяет агроному определять дозы и виды необходимых удобрений.

Проектно-изыскательские станции химизации сельского хозяйства и их филиалы имеются в каждой области, крае и автономной республике РСФСР. Специалисты отбирают в полях образцы

почвы, анализируют их, затем по результатам анализа изготавливают агрохимические картограммы и рекомендации по использованию всех удобрительных средств для достижения запланированного урожая культуры. Для получения агрохимических картограмм условными штриховками или окрашиванием наносят на плане полей результаты анализа свойств почвы. Картограммы дают наглядное представление о почве.

Изменение в лучшую сторону свойств почв под влиянием органических и минеральных удобрений и широкого известкования несомненно. В дальнейшем оно будет выражено еще сильнее в связи с более значительным использованием всех видов удобрений и средств химической мелиорации.

АССОРТИМЕНТ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Из обычно дефицитных элементов корневого питания растений наибольшее влияние на урожай оказывают азот, фосфор и калий, поэтому их вносят в почву в виде удобрений. Вот почему большая часть выпускаемых промышленностью удобрений — азотные, фосфорные и калийные.

АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Азотные минеральные промышленные удобрения подразделяют в зависимости от формы соединений азота на аммиачные, аммиачно-нитратные, нитратные, амидные и смешанные формы в виде растворов. От формы азота в составе удобрений зависят специфичность их свойств и условий применения.

Аммиачные удобрения. Аммиак служит основой для производства всех азотных минеральных удобрений. Азот для производства аммиака получают из воздуха, столб которого над 1 га земной поверхности содержит свыше 80 тыс. т азота. В качестве источника водорода используют нефтепродукты или метан. Синтез аммиака из азота и водорода осуществляется при высоких температурах и огромном давлении в присутствии катализаторов.

Безводный, или жидкий, аммиак — самое концентрированное из минеральных удобрений. Содержит 82 % азота (ГОСТ 6221—75). К настоящему времени применение жидкого аммиака в РСФСР увеличилось по сравнению с 1980 г. втрое. Аммиак — бесцветный газ с резким характерным запахом и едким вкусом, в 1,7 раза легче воздуха (плотность по воздуху 0,597). Его хранят, транспортируют и вносят в почву под большим давлением. Поэтому на всех стадиях применения аммиак содержат в емкостях (резервуарах, цистернах, баллонах), изготовленных из высококачественной стали и рассчитанных на рабочее давление 16—20 атм.

При внесении в почву безводный аммиак из жидкости превращается в газ и поглощается почвой. Удержание аммиака зависит от его поглощения, механического состава и влажности почвы, содержания в ней гумуса и реакции среды. В опытах ВИУА (Д. А. Кореньков, 1982) с безводным аммиаком на дерново-подзолистой супесчаной почве было установлено, что при внесении аммиака (120 кг азота на 1 га) на глубину 5 см его потери за сутки составили 80%, а на глубину 10 см — сократились до 5%. С увеличением влажности (40 % полной влагоемкости) потери составили

0,41 %. Потери не наблюдались, если удобрение вносили на глубину 16 см. На дерново-подзолистых суглинистых почвах потери аммиака полностью исключались при глубине внесения 12—14 см.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 1,2 кг.

Аммиачная вода, или водный аммиак, содержит 25—26 % аммиака, или 20,5 % азота (ГОСТ 9—77). Аммиак летуч, давление его паров над раствором при температуре 40°C — 0,15 атм, поэтому водный аммиак нельзя хранить в негерметичных емкостях или вносить в почву поверхностно. В том и другом случаях почти весь азот улетучивается и остается лишь вода. При внесении аммиачной воды на глубину 8—12 см аммиак закрепляется частицами почвы и его улетучивание практически исключается.

Осенью удобрение вносят в период подъема зяби, а весной — под перепахку зяби или во время предпосевной культивации. Эффективно также применение этого удобрения для подкормки пропашных культур.

Для внесения удобрения в почву используют довольно простое оборудование, не рассчитанное на высокое давление паров. Применяют специальные подкормочные машины и культиваторы-растениепитатели, с помощью которых можно достичь равномерного распределения аммиака в почве при незначительных его потерях.

Внесенный в почву аммиак сосредоточивается главным образом вдоль узкой ленты, из которой он довольно медленно распределяется, особенно на тяжелых почвах. Этим обстоятельством диктуются оптимальные дозы, сроки внесения и расстояния между сошниками при заделке удобрений.

Чем раньше до посева внесена аммиачная вода, тем равномернее она рассредоточится в пахотном горизонте, тем менее будет заметна пестрота в развитии растений.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 5 кг.

Сульфат аммония, или сернокислый аммоний, содержит 21 % азота в аммиачной форме (ГОСТ 9097—82). Это удобрение — побочный продукт коксогазового и химического производства. Сульфат аммония даже при длительном хранении насыпью не слеживается, сохраняет сыпучесть. В отличие от мочевины и аммиачной селитры хорошо смешивается с суперфосфатом и хлористым калием. В последние годы часть сульфата аммония поставляется в крупнокристаллическом виде. Такое удобрение лучше рассеивается туковыми сеялками как в чистом виде, так и в составе смесей с гранулированным суперфосфатом и азотно-фосфорными сложными удобрениями — аммофосом, диаммофосом. Хороший эффект дает внесение сульфата аммония в сочетании с фосфоритной мукой.

При обменных реакциях сульфата аммония в почве образуется кислый раствор. Подкисляющее действие возрастает также вследствие нитрификации аммиака, поэтому сульфат аммония относят к физиологически кислым удобрениям, систематическое применение которых приводит к заметному подкислению почвы. Используя это удобрение на кислых почвах, необходимо дополнительно вносить 2,1 кг карбоната кальция на каждый килограмм д. в. азота или 1,3 ц молотого известняка на 1 ц тука.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 4,8 кг.

Сульфат аммония-натрия содержит 17,5 % азота (ТУ 6—01—192—77). Относится к отходам промышленности, поставляется в качестве удобрения в небольших количествах (0,5—1 % от общих поставок азота). Представляет собой соль белого или темно-серого цвета, хорошо растворимую в воде. Физические свойства так же хороши, как и сульфата аммония. Весьма ценное удобрение для сахарной, кормовой и столовой свеклы. Обусловлено это тем, что в удобрении содержится натрий. Поведение в почве такое же, как и сульфата аммония.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 5,7 кг.

Хлористый аммоний содержит 25 % азота (ТУ 6—18—10—75). Получают при нейтрализации отходов содовой промышленности аммиаком. Представляет собой мелкокристаллическую белую или желтоватую соль. Малогигроскопичен, не слеживается и хорошо рассеивается. На 100 кг азота в удобрении приходится 250 кг хлора. Из-за большого количества хлора приходится соблюдать некоторую осторожность при внесении этого удобрения под культуры, чувствительные к хлору (картофель, овощные, лен, гречиха и др.).

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 4 кг.

Аммиачно-нитратные удобрения. *Аммиачная селитра*, или нитрат аммония, содержит 34—34,4 % азота, причем одинаковое количество в аммиачной и нитратной формах (ГОСТ 2—85). Наиболее распространенное удобрение, доля его превышает 40 % от общих поставок минерального азота земледелию. Это высококонцентрированное удобрение, не содержащее балласта.

В почве гранулы селитры быстро раство-

ряются водой. При этом аммиачная часть удобрения поглощается почвой и обладает более длительным действием по сравнению с нитратной. Нитратный азот не удерживается частицами почвы и, находясь в подвижном состоянии, быстро усваивается корнями растений, что особенно ценно при подкормках посевов. В этом состоит универсальность действия аммиачной селитры по сравнению с другими азотными удобрениями.

Систематическое применение аммиачной селитры на кислых и особенно супесчаных почвах приводит к дальнейшему их подкислению. Устранить подкисление почвы можно добавлением 0,7 ц кальция (1 ц молотого известняка или доломитовой муки) на каждый центнер азота в селитре. На кислых почвах высокий эффект от удобрения можно получить после их известкования.

Вместе с тем надо помнить, что аммиачная селитра пожаро- и взрывоопасна, поэтому к ее хранению и применению предъявляются особые меры предосторожности: складировать в специальных кирпичных помещениях, вдали от легко воспламеняющихся и взрывчатых веществ.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 2,9 кг.

Сульфат-нитрат аммония содержит 26 % азота, из которых 19 % в аммиачной форме и 7 % в нитратной (ОСТ 17834—39). Получают нейтрализацией аммиаком смеси двух частей азотной и одной части серной кислоты или сплавом аммиачной селитры и сульфата аммония.

Удобрение обладает высокой потенциальной кислотностью, поэтому на кислых почвах его лучше применять в сочетании с нейтрализующими добавками (0,9 ц кальция на 1 ц азота). По дейст-

вию на урожай растений и свойства почвы занимает промежуточное положение между аммиачной селитрой и сульфатом аммония.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 3,9 кг.

Известково-аммиачная селитра содержит 26 % азота (нитратный и аммиачный азот в равных соотношениях) и до 10 % кальция. Удобрение получают, добавляя размолотый известняк или доломит в расплавленную аммиачную селитру. После грануляции и охлаждения продукт не менее 10 дней хранят на складе завода для стабилизации гранулометрического состава. В готовом удобрении преобладают гранулы диаметром 2—4 мм, мелких частиц и пыли очень мало.

Известково-аммиачная селитра имеет некоторые преимущества перед аммиачной селитрой: не слеживается при хранении, не взрывоопасна, тукосмеси на ее основе устойчивее к сегрегации (расслоению), содержит кальций и магний, дефицит которых, особенно последнего, часто обнаруживается на почвах легкого механического состава. Известково-аммиачная селитра практически не подкисляет почвенный раствор. Это обстоятельство важно при внесении удобрения на дерново-подзолистых, малогумусированных почвах. На легких почвах хорошо действует как магниевое удобрение. Вносят известково-аммиачную селитру в качестве основного удобрения и при подкормке растений.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 3,9 кг.

Нитратные удобрения. *Натриевая селитра* содержит 16 % азота, 27 % натрия и незначительные количества микроэлементов (ГОСТ 828—80). Это лучшее удобрение для кислых дерново-под-

золистых почв, так как обладает подщелачивающим действием на почвенный раствор. Особенно эффективно применение натриевой селитры в свекловодстве и тепличном овощеводстве.

В сухом состоянии удобрение обладает хорошей рассеиваемостью, но при хранении насыпью в условиях повышенной влажности воздуха сильно слеживается ввиду гигроскопичности.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 6,3 кг.

Кальциевая селитра, или нитрат кальция, содержит 17,5 % азота (ТУ 6—03—367—79). Это лучшая форма азотных удобрений для почв с недостаточным содержанием кальция. Прянишников Д. Н. относил кальциевую селитру к универсальному удобрению, пригодному для всех почв и прежде всего для почв Нечерноземной зоны.

Кальциевая селитра, будучи физиологически щелочным удобрением, при систематическом применении на дерново-подзолистых почвах значительно улучшает их свойства. Она была бы эффективнее аммиачной селитры и сульфата аммония, однако стоимость 1 кг азота в кальциевой селитре (как и натриевой) гораздо выше, чем в аммиачной селитре и сульфате аммония, что ограничивает ее производство. Один из недостатков кальциевой селитры — повышенная гигроскопичность.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 5,7 кг.

Калийная селитра, или азотнокислый калий, одновременно азотное и калийное удобрение, содержащее 13,5 % нитратного азота и 37,5 % окиси калия (ГОСТ 19790—74). Это полностью растворимое безбалластное удобрение может быть целиком усвоено растениями, поэтому его приме-

нение не грозит накоплением в почве вредных остатков.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 7,4 кг.

Амидные удобрения. *Карбамид, или синтетическая мочеви́на*, — самое концентрированное из твердых азотных удобрений, содержит 46—46,3 % азота (ГОСТ 2081—75). По своей природе это не минеральное, а органическое азотное удобрение.

В гранулах мочевины содержится некоторое количество биурета. Повышенное содержание этого вещества снижает всхожесть семян и задерживает рост растений. Государственным стандартом допускается наличие биурета в мочеvine не более 1 %, тогда при оптимальных дозах внесения удобрения он не оказывает отрицательного влияния на культуры.

При поверхностном внесении мочевины (подкормка озимых культур, травы лугов и пастбищ) возможны потери аммиачного азота в результате его улетучивания. Внесение мочевины на глубину 1,5 см резко сокращало потери аммиака (при температуре 6°C — до 0,2 %, при температуре 20°C — до 3, при 28°C — до 8,1 %). На тяжелых почвах высвобождающийся аммиак мочевины закрепляется почвенными частицами настолько прочно, что при соблюдении рекомендаций потери азота сводятся к минимуму.

Мочевину применяют в качестве основного удобрения и при подкормках большинства культур на всех почвах, кроме карбонатных и почв легкого механического состава. В равных дозах по азоту мочеви́на дает такой же эффект, что и аммиачная селитра.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 2,2 кг.

Цианамид кальция содержит 19 % азота и примеси извести и угля (ГОСТ 1780—56). Получают при соединении карбида кальция с азотом. Это тонкий темно-серый порошок или гранулы.

В почве цианамид кальция превращается последовательно сначала в цианамид, затем в мочевины и наконец в аммиак. Применяют цианамид кальция в качестве основного удобрения. Будучи щелочным веществом, на кислых почвах он дает очень хороший эффект.

В настоящее время его используют, главным образом, для предуборочного удаления листьев хлопчатника (дефолиация), в качестве гербицида против двудольных сорняков на посевах зерновых, инсектицида для борьбы с проволочником и слизнями.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 5,3 кг.

Карбамидформ, или мочевиноформальдегидные удобрения (МФУ), представляют особую группу так называемых медленно действующих азотных удобрений. Содержит около 40 % азота, причем 28—32 % его приходится на долю нерастворимого в воде. Получают путем конденсации мочевины с формальдегидом в кислой среде.

Удобрение малогигроскопично и при хранении не слеживается. Характерная особенность этого удобрения — медленная отдача азота растениям в течение вегетационного периода. В последние годы выявлена высокая эффективность МФУ при внесении под лен, под хлопчатник в условиях орошения, под овощные культуры, где применяются высокие нормы азотных удобрений.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 2,2 кг.

Жидкие азотные удобрения (смешанные формы). Аммиакаты — растворы твердых азотных удобрений (аммиачной и кальциевой селитры, карбоната аммония и мочевины) в аммиачной воде. Концентрация азота в аммиакатах составляет 28—34 %, а температура начала кристаллизации колеблется от +8 до —18°С. Эти удобрения крайне разнообразны по своему составу и свойствам.

Подобно всем аммонийным солям, аммиакаты вызывают коррозию сплавов с медью, а аммиакаты с аммиачной селитрой вызывают сильное окисление и черных металлов. Аммиакаты хранят в герметичных стальных емкостях, покрытых изнутри защитным антикоррозионным составом, или в резервуарах из алюминия, его сплавов, а также из полимерных материалов. По своей эффективности аммиакаты близки к твердым азотным удобрениям.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг азота, составляет 3,4 кг.

Растворы карбамида и аммиачной селитры (плавы, КАС). Удобрения, полученные на основе неупаренных щелоков, то есть полупродуктов солей карбамида и нитрата аммония, называют плавами. В зависимости от соотношения карбамида и аммиачной селитры, влияющего на температуру кристаллизации, а следовательно, на применение удобрения по климатическим зонам, выпускают несколько марок КАС с содержанием азота от 28 до 34 %. В последние годы все большую популярность стали приобретать растворы на базе готовых удобрений карбамида и аммиачной селитры, получившие название КАС. Плавы и КАС очень близки по свойствам: не содержат свободного аммиака, рН от 3,6 до 6.

Растворы КАС транспортируют в железнодорожных и автомобильных цистернах с нижним сливом, хранят в емкостях из углеродистой стали с плотно закрытым люком.

Растворы КАС обладают легкой коррозионной активностью по отношению к черным металлам, но в присутствии ингибитора коррозии (фосфата аммония в концентрации 0,1—0,2 % в пересчете на P_2O_5) металл становится устойчивым к растворам. При уменьшении температуры раствора ниже $-18^\circ C$ выпадают кристаллические соли. С повышением температуры они снова растворяются. Поскольку растворы КАС устойчивы только при положительных температурах, их производят и используют в период с марта по ноябрь. Температура замерзания раствора составляет $-26^\circ C$, после размораживания свойства КАС полностью восстанавливаются.

Этот вид удобрений особенно эффективен при некорневой подкормке озимой пшеницы и рапса ранней весной, так как содержит азот одновременно в трех формах — нитратной, аммиачной и амидной. При распыливании КАС при низком давлении и в сухую погоду крупные капли хорошо удерживаются листьями и стеблями, практически не скатываются с них и долго не высыхают.

При внесении под основную обработку почвы эффективность КАС близка к аммиакатам.

Масса плава, соответствующая 1 кг азота, составляет 3,3 кг, КАСа — от 2,9 до 3,6 кг.

ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

На практике все фосфорные удобрения делятся на три группы, различающиеся между собой по растворимости в воде и слабых кислотах: водо-

растворимые (суперфосфат простой, суперфосфат двойной), цитратно- и лимоннорастворимые (преципитат, обесфторенный фосфат, мартеновский шлак, томасшлак, полифосфаты, метафосфат кальция) и труднорастворимые (фосфоритная мука).

Водорастворимые удобрения. *Суперфосфат простой.* Готовый суперфосфат из апатитового концентрата содержит 19 % P_2O_5 в легкоусвояемой для растений форме (ТУ 113—08—529—83), а из фосфорита Кара-Тау — 14—16 % (ГОСТ 4667—49). Помимо фосфора удобрение содержит около 50 % сульфата кальция (гипса) и некоторое количество свободной фосфорной кислоты (до 5,5 %). Получают путем обработки измельченного апатита или фосфорита серной кислоты. Количество кислоты рассчитывают так, чтобы весь нерастворимый в воде трехкальциевый фосфат превратился в водорастворимый монофосфат кальция. Присутствие фосфорной кислоты ухудшает качество суперфосфата: повышает его гигроскопичность и придает удобрению кислую реакцию. Для улучшения физических свойств суперфосфата, уменьшения взаимодействия с почвой его гранулируют. Гранулированный суперфосфат имеет значительные преимущества по сравнению с порошкообразным. При грануляции и сушке снижается количество воды с 12—15 до 4 %, уменьшается свободная кислотность с 5,5 до 2,5 %. Гранулированный суперфосфат содержит 20 % легкоусвояемой P_2O_5 (ГОСТ 5956—78). Гранулы не только улучшают физические свойства удобрения, обеспечивая лучшую их рассеиваемость, но самое главное — уменьшают поверхностный контакт частиц суперфосфата с почвенными частицами. Это особенно важно при внесении суперфосфата на кис-

лых почвах (дерново-подзолистых, красноземах), богатых полуторными окислами, в результате реакции с которыми образуются слаборастворимые и поэтому труднодоступные растениям фосфаты железа и алюминия. В слабокислых и нейтральных почвах (черноземы) образуются дикальциевые фосфаты, представляющие собой хорошо доступный растениям источник фосфора.

Суперфосфат можно применять под все культуры и на всех почвах. Гранулированный суперфосфат особенно эффективен при внесении в рядки во время посева и посадки культур. В настоящее время поставки простого порошковидного суперфосфата составляют 4 %, а гранулированного — около 10 % от общих поставок фосфорных удобрений (включая фосфоритную муку).

Масса порошковидного фосфата, соответствующая 1 кг P_2O_5 , составляет 5,3—7,1 кг, гранулированного — 4,5—5,3 кг.

Суперфосфат двойной, или концентрированный, производят в виде гранул с содержанием усвояемой P_2O_5 43—49 % и свободной кислотностью не выше 5 % (ГОСТ 16306—80).

Стоимость 1 т P_2O_5 в двойном суперфосфате на 6—13 % выше, чем в простом. Однако эти затраты полностью компенсируются за счет экономии на транспортировке, хранении и применении двойного суперфосфата.

По действию на урожай простой и двойной суперфосфаты, взятые в эквивалентной дозе по фосфору, дают близкий эффект. Неверным оказалось прежнее мнение, будто не усвоенная растениями в первый год фосфорная кислота из этого удобрения переходит в совершенно недоступное сельскохозяйственным культурам состояние. При систематическом и длительном применении супер-

фосфата в севообороте содержание усвояемых фосфатов в почве сильно возрастает. Поставки гранулированного двойного суперфосфата составляют 12 % от всех фосфорсодержащих удобрений.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг P_2O_5 , составляет 2—2,3 кг.

Суперфос содержит 38—41 % фосфора, 50—60 % которого представлено водорастворимой формой (ТУ 6—08—459—80). Новое фосфорное удобрение, которое получают из низкопроцентных фосфоритов месторождений Кингисеппа, Маарду, Чилисай с использованием меньшего количества дефицитной серной кислоты, чем при получении двойного суперфосфата.

Суперфос следует применять, главным образом, как основное удобрение под зерновые, силосные и другие культуры на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, а также выщелоченных черноземах.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг P_2O_5 , составляет 2,4—3,6 кг.

Цитратно- и лимоннорастворимые удобрения.
Преципитат (дикальцийфосфат) содержит 38 % цитратнорастворимой P_2O_5 (ТУ 6—17—765—76). Получают нейтрализацией фосфорной кислоты известковым молоком (суспензией гидрата окиси кальция) или мелом. Эта форма фосфора доступна растениям. В качестве основного удобрения преципитат не уступает суперфосфату на всех почвах, а на кислых почвах даже превосходит его. Однако для припосевного, локального удобрения, где требуется водорастворимый фосфор, преципитат менее пригоден.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг P_2O_5 , составляет 2,6 кг.

Обесфторенные фосфаты содержат 36 %

P_2O_5 , растворимой в 0,4 %-ной соляной кислоте (ГОСТ 10516—63). Это продукты гидротермической переработки апатита или фосфорита. Для производства данных удобрений не нужно расходовать серную кислоту или другие минеральные кислоты, которые в большом количестве необходимы для получения суперфосфата. В процессе приготовления обесфторенных фосфатов исходное сырье не разбавляется добавками — удобрения получают более концентрированными.

Получение обесфторенных фосфатов обходится несколько дороже простого суперфосфата, но дешевле двойного. Установлено, что при основном внесении суперфосфата и обесфторенного фосфата в равных дозах P_2O_5 они были близки по эффективности практически на всех почвах РСФСР. Обесфторенные фосфаты находят применение и для минеральной подкормки животных.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг P_2O_5 , составляет 2,8 кг.

Томасшлак содержит от 7 до 20 % P_2O_5 , растворимой в 2 %-ной лимонной кислоте. Побочный продукт при выплавке железа и стали из богатых фосфором чугунов. Фосфор удаляют из расплавленной стали, добавляя известняк и доломит. Всплывший на поверхность шлак сливают и после затвердения размалывают и затаривают в мешки.

Томасшлак содержит двойную соль тетрафосфата и силиката кальция, а также железо, марганец, магний и другие элементы. Удобрение сильно щелочное, поэтому его эффективнее применять на кислых и слабокислых почвах под основную обработку почвы. На долю томасшлаков приходится около 1 % поставляемого сельскому хозяйству фосфора.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг P_2O_5 , составляет 5—14 кг.

Мартеновский шлак содержит 7—10 % усвояемой P_2O_5 , растворимой в 2 %-ной лимонной кислоте (ТУ 14—11—47—78). Побочный продукт переработки богатого фосфором чугуна по мартеновскому способу. Для связывания фосфора при плавке наряду с известняком добавляют плавиковый шпат (CaF_2). Поэтому в полученном шлаке фосфора меньше, чем в томасшлаке.

Готовый продукт тонкого помола, имеет щелочную реакцию. Ценность мартеновских шлаков состоит также в том, что это эффективные известьсодержащие материалы: 1 т шлака эквивалентна $\frac{2}{3}$ т молотого известняка. Шлаки богаты также солями магния, марганца, меди, рядом других микроэлементов и оказывают многостороннее действие на почву и питание растений. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что мартеновские шлаки можно с успехом применять в качестве основного удобрения как на кислых, так и на слабокислых почвах.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг P_2O_5 , составляет 10—14 кг.

Полифосфаты — новейшие и наиболее перспективные формы фосфорных удобрений. Исходный материал для производства полифосфатов — суперфосфорная кислота, содержащая 76—83 % P_2O_5 , в том числе от 50 до 95 % в виде полифосфорных кислот. Ведущее значение получили полифосфаты аммония; в гранулированном продукте содержится 60 % P_2O_5 и 16 % N, в жидком — 34 % P_2O_5 и 10 % N. Высокая концентрация и лучшая растворимость дают преимущества полифосфатам над ортофосфатами. Действие полифосфатов на урожай яровой пшеницы, ячменя, кар-

тофеля и фасоли такое же, как у обычных удобрений с участием ортофосфатов; почти одинаково и накопление фосфора в урожаях с некоторым преимуществом полифосфатов (Ф. Я. Янишевский, 1980). Эффективность удобрений повышается при включении в их состав микроэлементов цинка и марганца.

Метафосфат кальция — высококонцентрированное удобрение, содержит 60—70 % P_2O_5 , до 30 % CaO , примеси окиси кремния, железа, алюминия; фтора в нем содержится только 0,2 %. Несмотря на то, что метафосфат кальция нерастворим в воде, будучи внесенным в почву, он постепенно гидролизуется и переходит в усвояемую для растений ортоформу. Отношение между P_2O_5 и CaO в метафосфате равно 3:1, а в природном фосфатном сырье — 1:1. Это расширение отношения способствует лучшему усвоению фосфора растениями.

Метафосфат кальция можно с успехом применять для основного внесения на большинстве почв и включать в состав гранулированных комплексных удобрений. На кислых и нейтральных почвах по эффективности он не уступает суперфосфату.

Пока это удобрение не получило массового применения из-за высокой стоимости. Однако вследствие высокой концентрации питательных веществ оно является весьма перспективным. Разработаны технологии получения на его основе мета-, пиро- и полифосфатов комплексных удобрений.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг P_2O_5 , составляет 1,4—1,7 кг.

Труднорастворимые фосфаты. *Фосфоритная мука* содержит в пересчете на сухое вещество

20—29 % P_2O_5 , но только незначительная часть этого фосфора растворима в лимонной кислоте (ГОСТ 5716—74). Представляет собой измельченные природные фосфориты, очищенные от пустой породы. Один из основных показателей качества удобрения — тонина помола. Остаток на сите с отверстиями диаметром 0,18 мм не должен превышать 20 % массы фосфоритной муки. Чем меньше диаметр частиц, тем больше площадь соприкосновения муки с почвенными частицами. Все кислоты, находящиеся в почвенном растворе, взаимодействуя с фосфоритной мукой, переводят ее фосфаты в растворимые формы.

Фосфоритная мука — это основное медленнодействующее удобрение. Повышение продуктивности кислых низкоплодородных почв путем внесения высоких доз фосфоритной муки называют фосфоритованием. При этом в почву вносится не менее 200 кг P_2O_5 , или 1 т физической массы удобрения, на каждый гектар. Фосфоритование проводят на основании проектно-сметной документации, разрабатываемой областными, краевыми и республиканскими (АССР) проектно-изыскательскими станциями химизации сельского хозяйства, в которой указывается тип севооборота, номер и агрохимическая характеристика поля, марки машин для внесения удобрения и его доза. Целе направленное фосфоритование почв в Нечерноземной зоне РСФСР в течение последних 15 лет заметно улучшило фосфатный режим почв. Благодаря положительному балансу средневзвешенное содержание подвижного фосфора в целом по зоне увеличилось с 58 мг в 1971 г. до 103 мг в 1 кг почвы в 1986 г. Выпуск фосфоритной муки в ассортименте фосфорных удобрений составляет 12 % от общей поставки.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг P_2O_5 , колеблется от 3,4 до 5 кг.

КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Несмотря на то, что большинство почв гораздо богаче калием, чем азотом и фосфором, потребность растений в калийном питании не может быть полностью удовлетворена, особенно если речь идет о высоких урожаях. Объясняется это слабой подвижностью соединений калия в почвах.

В зависимости от содержания калия и технологии производства калийные удобрения можно разделить на четыре группы: концентрированные (калий хлористый, калий сернокислый, поташ, калийные смешанные соли, хлоркалий-электролит), побочные продукты калийно-магниевого производства (калимагнезия, калийно-магниевый концентрат), размолотые природные соли (сильвинит, каинит) и отходы промышленности (цементная пыль, печная зола).

Концентрированные удобрения. *Калий хлористый* — основное калийное удобрение. Содержит 57—60 % K_2O (ГОСТ 4568—83). В общем ассортименте калийных удобрений на его долю приходится до 80 %. Получают разделением сильвинита на хлориды калия и натрия гидроциклонным способом, а также флотационным обогащением калийных руд. В завершающей стадии технологического процесса кристаллы хлористого калия высушивают. В нем минимальное содержание хлора на единицу калия (в 1,4—1,9 раза меньше, чем в смешанной калийной соли, и в 4—5 раза, чем в сильвините). Вследствие этого хлористый калий при отсутствии сульфатов применяют и под чувствительные к хлоридам

культуры, но вносят его заблаговременно, чтобы по возможности удалить Cl^- за пределы пахотного слоя почвы.

Калий хлористый отличается повышенной гигроскопичностью, особенно если кристаллы его мелкие. Флотационный KCl — крупнокристаллический, он менее гигроскопичен и не слеживается в складских условиях, поэтому около трети производимого хлористого калия уже выпускается в гранулированном и крупнокристаллическом виде.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 1,7—1,8 кг.

Калий сернокислый, или сульфат калия, — ценное удобрение, особенно для культур, страдающих от хлоридов. Химически чистый сульфат калия содержит 54 % K_2O , а технический, используемый для удобрения, 46 % (ТУ 6—13—12—78). В СССР весь выпускаемый сульфат калия применяют под табак и в защищенном грунте. Удобрение негигроскопично, хорошо рассеивается. Наличие серы в удобрении оказывает положительное влияние на зернобобовые и бобовые культуры.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 2,2 кг.

Поташ, или карбонат калия, — высококонцентрированное, безбалластное удобрение, содержит 50—50,7 % K_2O (ГОСТ 10690—73). Получают как побочный продукт при производстве алюминия из нефелинового сырья. Для уменьшения гигроскопичности продукт кальцинируют. Поташ является хорошим источником калия для культур, чувствительных к хлоридам, а также на кислых почвах, ибо он частично нейтрализует их.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 2 кг.

Калийная соль 40 %-ная — ранее широко распространенное калийное удобрение, являющееся продуктом смешивания тонкоразмолотых сильвинита или каинита с хлористым калием. Содержит 40 % K_2O (ТУ 113—13—13—82). Если в 1965 г. поставки калийной соли составляли 68 % от всех калийных удобрений, то в 1985 г. их доля сократилась до 7 %.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 2,5 кг.

Хлоркалий-электролит — отход производства металлического магния из карналлита. Содержит K_2O — 31,6—45,5 %, MgO — 8 %, $NaCl$ — 40 % (ТУ 48—10—40—76). По концентрации калия и наличию хлора это удобрение можно приравнять к смешанной калийной соли. Но присутствие магния делает его более предпочтительным для почв легкого механического состава.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 2,2 — 3,2 кг.

Побочные продукты калийно-магниевого производства. *Калимагнезия* — представляет собой смесь сульфатов калия и магния с примесями хлоридов калия и натрия. Содержит 28 % K_2O , 10 % MgO (ТУ 6—13—11—76). Практически бесхлорное удобрение; на 1 кг K_2O приходится в 10 раз меньше хлора, чем в хлористом калии. Удобрение выпускается в мелкокристаллическом и гранулированном виде.

Калимагнезия — одна из лучших форм калийных удобрений для культур, чувствительных к хлору, например, картофель, клевер, зернобобовые, гречиха. На легких почвах большое значение имеет магний, входящий в состав удобрения.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 3,6 кг.

Калийно-магниевый концентрат (калимаг) получают из каинитолангбейнитовой руды путем размалывания минерала и удаления хлористого натрия выщелачиванием. По составу и свойствам очень близок к калимагнезии, но менее концентрированный. Содержит K_2O — 18,5 %, MgO — 8 % (ТУ 6—13—7—76). Отличается низким содержанием хлора, поэтому имеет преимущества перед хлорсодержащими калийными удобрениями.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 5,4 кг.

Размолотые природные соли. *Сильвинит* получается при размоле сильвинитовой породы. Содержит 22 % K_2O (ТУ 6—13—6—75). Это низкопроцентное удобрение нерентабельно перевозить на большие расстояния. Применение сильвинита ограничено также из-за содержания в нем больших количеств хлора — 4—5,2 кг на каждый килограмм K_2O . Он рекомендуется для удобрения свеклы, сенокосов и пастбищ (в связи с наличием натрия).

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 4,5 кг.

Каинит — природная крупнокристаллическая соль, состоит из сернокислого магния (около 30 %), хлористого калия (16 %) и хлористого натрия (до 40 %). Содержит 9,5 % K_2O , 10 % MgO (ТУ 6—13—8—79). По сравнению с сильвинитом имеет некоторые преимущества благодаря наличию магния и вдвое меньшего содержания хлора. В поставках калийных удобрений на долю каинита приходится 3 %.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 10,5 кг.

Отходы промышленности. *Цементная пыль* улавливается электрофильтрами из отходящих газов вращающихся печей цементных заводов. Калий в ней находится в виде карбоната, бикарбоната и частично сульфата. В зависимости от содержания окиси калия и кальция цементная пыль подразделяется на калийно-известковую и известково-калийную. В первой содержится не менее 15 %, во второй не менее 10 % K_2O , растворимого в водной вытяжке; количество CaO — 30 %. Благодаря наличию этих двух элементов цементная пыль является высокоэффективным удобрением на большинстве почв, особенно кислых, для всех культур, чувствительных к хлору.

Масса удобрения, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 6,7—10 кг.

Печная зола содержит 10—15 % K_2O , до 30 % CaO . Наибольшее значение представляет содержащийся в золе углекислый калий (поташ); зола, кроме того, содержит значительное количество кальция, фосфора, а также микроэлементов. *Древесная зола* содержит 10—15 % K_2O , до 30 % CaO . Гораздо меньше калия содержится в торфяной золе, а в золе каменного угля калий почти отсутствует. В отличие от промышленных удобрений зола не содержит хлора и хорошо действует на всех почвах (особенно на кислых подзолистых) при внесении под все культуры. Нормы внесения золы зависят от содержания в ней калия и потребности в нем культурных растений.

Масса древесной золы, соответствующая 1 кг K_2O , составляет 6,7—10 кг, торфяной — 20—100, каменноугольной — 1000 кг.

Стоимость минеральных удобрений и поставка их сельскому хозяйству Российской Федерации в 1986 г. приведены в приложении 1.

ПРАВИЛА СМЕШИВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

На большинстве типов почв для получения хорошего урожая приходится применять не одно какое-нибудь минеральное удобрение, а одновременно несколько. Вносить эти удобрения отдельно нецелесообразно, так как требуются дополнительные затраты труда и средств. В практической деятельности большинства хозяйств ежегодно возникает необходимость смешивания простых (односторонних) удобрений. При смешивании надо соблюдать определенные правила, так как не все удобрения можно смешивать (рис. 1).

В случае нарушения правил смешивания удобрений возможны отрицательные последствия:

потери питательных веществ;

переход питательных веществ в менее усвояемую растениями форму;

ухудшение физических свойств смешанного удобрения, затрудняющее механическое распределение его по полю.

Нельзя смешивать щелочные удобрения с аммиачными солями и суперфосфатом. К щелочным удобрениям принадлежат поташ, томасшлак, мартеновский шлак, известковая и доломитовая мука, зола, навоз. При смешивании любого из щелочных удобрений с сульфатом аммония, аммиачной селитрой происходит улетучивание аммиака. Его потери усиливаются с повышением влажности смеси и ее температуры.

При смешивании всех селитр с суперфосфатом, хлористым калием и фосфатшлаками наблюдается отсыревание тукосмесей. Причина отсыревания — в сильной гигроскопичности нитратов и образующегося при этом хлорида кальция.

Удобрение	Амиачная селитра	Мочевина	Сульфат аммония	Суперфосфат порошковидный	Суперфосфат гранулированный	Преципитат	Фосфоритная мука	Аммофос, диаммофос	Налий хлористый	Сульфат калия	Зола, поташ	Известковая и доломитовая мука	Ш лани	Навоз, помет
Амиачная селитра	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Мочевина	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Сульфат аммония	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Суперфосфат порошковидный	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Суперфосфат гранулированный	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Преципитат	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Фосфоритная мука	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Аммофос, диаммофос	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Налий хлористый	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Сульфат калия	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Зола, поташ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Известковая и доломитовая мука	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ш лани	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Навоз, помет	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

- Смешивать нельзя
- Смешивать перед внесением
- Смешивать в любое время

Р и с. 1. Схема смешивания удобрений

Для получения сыпучих смесей необходимо брать сухие, сохранившие рассыпчатость и прочность гранул туки. Тукосмеси нельзя готовить задолго до внесения их в почву.

Качество тукосмесей в значительной мере определяется соотношением в их составе питатель-

ных веществ. Смеси с преобладанием фосфора и калия (или одного из этих элементов) над азотом, как правило, более сухие и сыпучие, чем смеси с выравненным соотношением питательных веществ или с преобладанием азота над фосфором и калием.

Состав смесей должен удовлетворять следующим условиям:

обеспечивать почву необходимыми для растений питательными веществами в усвояемом состоянии, поскольку с удобрениями надо вносить лишь недостающие элементы;

отвечать требованиям культуры к формам питательных веществ, так как это предопределяет эффект действия удобрений не только на величину урожая, но и на его качество;

при составлении смеси надо иметь в виду, вносится ли она в виде основного, припосевного удобрения или в качестве подкормки в период роста и развития растений. В зависимости от этого могут меняться состав, формы и дозы удобрений.

Фосфорно-калийные смеси можно готовить на основе хлорсодержащих калийных удобрений и всех основных фосфорных удобрений. Если необходимо внести азотно-фосфорное удобрение, готовят удобрительную смесь из аммиачной селитры и фосфоритной муки. Такая смесь не слеживается и сохраняет сыпучесть продолжительное время, но пригодна только для кислых почв. Для приготовления НРК — смесей лучше использовать сульфат аммония, суперфосфат или фосфоритную муку и хлористый калий.

Удобрения смешиваются тукоsmесителями СЗУ-20 и УТС-30. По агротехническим требованиям неравномерность компонентов смеси не

должна превышать 10 %, а сыпучесть и рассеиваемость ее должна быть такой же, как у исходных удобрений.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ

Успех рационального применения удобрений зависит от многих факторов.

Обеспеченность удобряемой культуры влагой. Между водным режимом почвы и действием удобрений существует тесная взаимосвязь. С одной стороны, удобрения оказывают влияние на водные свойства почвы и на эффективность использования воды растениями, с другой — содержание влаги в почве определяет не только эффективность удобрений, но и оптимальные соотношения, дозы, сроки и технику их внесения. Причина более производительного использования влаги при внесении удобрений заключается в основном в повышении концентрации питательных веществ в почвенном растворе, в связи с чем для поглощения одного и того же их количества растению требуется меньше влаги.

Учет сорта растения. Селекционеры выводят сорта, хорошо приспособленные к определенным почвенно-климатическим зонам страны. Отзывчивость на удобрения разных сортов одной и той же культуры может колебаться в широких пределах.

Полегание зерновых культур нередко препятствует получению высокого урожая. Усиленное фосфорно-калийное питание противодействует полеганию хлебов. Калийные удобрения, способствуя утолщению механических тканей стебля, также уменьшают степень полегания растений.

Важное свойство растений из семейства бобовых — симбиоз с клубеньковыми бактериями, живущими на корнях и усваивающими молекулярный азот воздуха. Фиксированный бактериями азот превращается в пищу растения-хозяина. Поэтому бобовые культуры или не удобряют азотными туками, или применяют их в ограниченных дозах для усиления начального роста.

Дозы, сроки и способы применения удобрений. Чаще всего вносят все три дефицитных элемента — N, P, K, но нередко достаточно двух первых. Очень важно правильное дозирование питательных веществ. Дозу выражают тремя цифрами, которые относятся соответственно к N, P и K и выражаются в кг/га. Например, 60—60—45 означает, что азота и фосфора надо по 60, а калия — 45 кг/га.

Существуют три способа применения удобрений: основной, припосевной и подкормка. Комплексные удобрения (аммофос, диаммофос, нитрофоска) подходят для припосевного внесения. Вместе с ними даются либо два (азот, фосфор), либо три (азот, фосфор, калий) элемента. Дозируют по фосфору, т. е. устанавливают дозу P_2O_5 , а N и K_2O вносят столько, сколько их содержится в массе удобрения, содержащей заданное количество P_2O_5 . Если вносят суперфосфат, то доза P_2O_5 колеблется от 10 до 20 кг/га в зависимости от культур: наименьшая — под кукурузу, которая более чувствительна к солям при прорастании; средние дозы — под другие зерновые и максимальные — под картофель.

Азотное удобрение как наиболее быстродействующая подкормка используется для усиления роста культур в молодом возрасте, например,

озимых — весной, в фазы кущения и выхода в трубку. В последнее десятилетие практикуется применение и поздней азотной подкормки пшеницы — в начале выколашивания, для повышения белковости зерна и увеличения урожая. Подкормка пропашных культур (сахарной свеклы, подсолнечника и др.) в период рыхления междурядий может включать кроме азота еще и растворимые фосфаты. Калий лучше всего полностью вносить в виде основного удобрения.

Высокий уровень агротехнических мероприятий — обработка почвы, уход за посевами, борьба с сорняками, вредными насекомыми, грибными и бактериальными заболеваниями культур.

Соблюдение правильного чередования культур позволяет использовать удобрения с наибольшей эффективностью, усиливает их действие и последствие. В севообороте питательные вещества удобрений используются растениями продуктивнее.

Высокая окультуренность почвы, хороший агротехнический фон повышают эффективность удобрений и позволяют ограничиться относительно меньшими дозами их для получения запланированной урожайности. Это связано с тем, что при правильной агротехнике улучшаются водный режим и аэрация почвы, усиливаются химические и биохимические процессы, повышающие использование растениями питательных веществ почвы и внесимых удобрений.

СПОСОБЫ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

ОСНОВНОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Цель основного (допосевного) внесения удобрений — обеспечение растений питанием в течение всей вегетации. Удобрения вносят в период предпосевной обработки почвы и непосредственно перед посевом.

Как правило, удобрения равномерно рассеиваются по поверхности поля с последующим внесением на определенную глубину почвообрабатывающими орудиями. В зависимости от видов обработки почвы удобрения могут быть внесены на разную глубину.

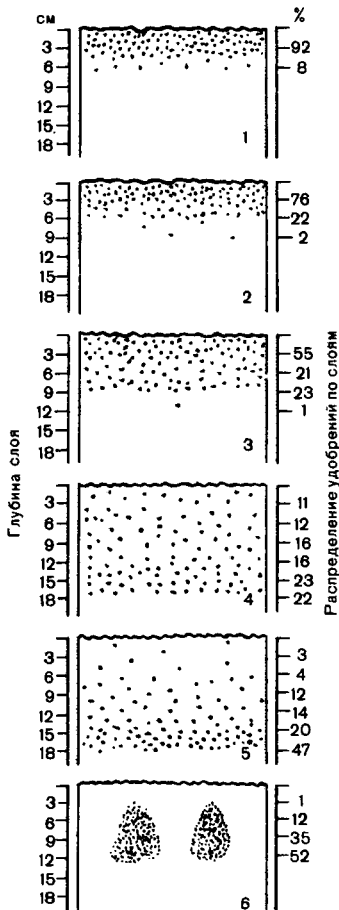
Ранее отмечалось, что аммиачный азот, фосфор и калий прочно закрепляются в почве и практически не перемещаются по ее профилю, а следовательно, не выщелачиваются вниз. Поэтому эти минеральные удобрения необходимо помещать в наиболее влажный слой почвы — на глубину от 10 до 20 см, то есть в зону размещения основной массы корневой системы. При мелкой заделке удобрения размещаются в поверхностных, пересыхающих слоях почвы и не используются растениями. Глубокая заделка удобрений особенно эффективна в годы с недостаточным увлажнением.

На рисунке 2 видно, что запашка удобрений плугом с предплужником обеспечивает локальное размещение их во влажном слое по дну плужной борозды. Удобрения меньше перемешиваются с почвой и слабее закрепляются ею. Относительно равномерное размещение удобрений в зоне расположения большей части корневой системы обеспечивается при запашке их плугом без предплуж-

Рис. 2. Размещение основного удобрения в почве при разных способах его внесения:

1 — легкой бороней; 2 — тяжелой бороней; 3 — культиватором; 4 — плугом; 5 — плугом с предплужником; 6 — культиватором-растениепитателем

ника. Культиваторы и дисковые бороны заделывают основную массу удобрений в верхний 3-сантиметровый слой почвы, который сильно высыхает. Более рационально используются удобрения при локальном внесении. В последние годы предложено несколько технологий допосевого внесения удобрений сошниками специальной конструкции, они устанавливаются на культиваторах-растениепитателях взамен подкормочных ножей. Об эффективности основного внесения минеральных удобрений можно судить по обобщенным результатам полевых опытов. Средние прибавки урожаев важнейших сельскохозяйственных культур по 2460 завершённым опытам с удобрениями приведены в таблице 2.



2. Эффективность минеральных удобрений, внесенных под

Культура	Средняя доза удобрений, кг/га			Урожайность (по НРК), ц/га
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Озимая пшеница	90	90	70	38,3
Озимая рожь	95	100	80	23,1
Яровая пшеница	65	70	50	21,5
Ячмень	75	80	65	27,4
Овес	65	75	55	22,8
Кукуруза (зерно)	130	90	65	59,6
Подсолнечник (семена)	75	85	55	21,6
Лен-долгунец (соломка)	40	80	80	38,7
Рис	140	130	90	54,3
Просо	75	75	60	31
Гречиха	30	70	45	16,7
Сахарная свекла	115	115	110	311
Картофель	100	90	90	183
Кукуруза на силос	110	90	70	278
Капуста	130	130	100	490
Многолетние травы (сено)	80	70	75	44,8
Однолетние травы (зеленая масса)	95	85	80	198
Улучшенные сенокосы	105	75	70	46,9

* В агрохимслужбе РСФСР завершенным принято считать опыт, который соблюдении агротехники, максимально приближенной к производственным

Средние показатели эффективности удобрений подвержены значительным колебаниям. Так, на озимой пшенице наиболее высокая урожайность и окупаемость минеральных удобрений была получена в Северо-Кавказском и Поволжском районах. При внесении соответственно 219 и 227 кг д. в. на 1 га урожайность составила 43,1 и 40,5 ц/га, окупаемость 1 кг питательных веществ прибавкой — соответственно 4,4 и 5,1 кг зерна, затраты удобрений на 1 т дополнительного урожая — 224 и 198 кг НРК.

основные сельскохозяйственные культуры в РСФСР

Прибавка урожайности от удобрений, ц/га	Оплата 1 кг д. в. удобрений, кг		Затраты удобрений, кг д. в.		Количество завершенных опытов*
	урожаем	прибавкой	на 1 т урожая	на 1 т прибавки	
10	15,4	4	65	250	360
9,2	8,4	3,3	119	298	96
5,7	11,6	3,1	86	324	353
8,1	12,5	3,7	80	272	332
7,6	11,7	3,9	86	256	87
13,4	20,9	4,7	48	213	15
5,6	10	2,6	100	384	20
9,8	19,4	4,9	92	204	66
16,4	15,1	4,6	66	220	41
7,8	14,8	3,7	68	269	6
4,6	11,5	3,2	87	315	5
85	91	25	11	40	218
57	65	20	15	49	336
88	103	33	10	31	191
125	136	35	7	29	73
22	20	9,8	50	102	96
65	76	25	13	40	67
22,5	18,8	9	53	111	99

проводился в течение трех и более лет на одной почвенной разности, при условиях.

В опытах с озимой рожью 1 кг питательных веществ дал в среднем 3,3 кг прибавки зерна: на дерново-подзолистых почвах Северо-Западного района — 3,5 кг, Волго-Вятского — 2,7, Центрального — 2,1 кг, на серых лесных почвах Центрального района — 3,4 кг, Поволжского — 2,9, Волго-Вятского — 2,7 кг. Расход удобрений на 1 т прибавки изменялся от 278 до 352 кг д. в.

Окупаемость удобрений прибавкой урожая яровой пшеницы в Центральном, Уральском и Западно-Сибирском районах составляла лишь

2—2,3 кг зерна на 1 кг NPK, или на 26—36 % ниже, чем в среднем по РСФСР. Затраты удобрений на 1 т прибавки колебались от 168 кг в Дальневосточном районе до 492 кг NPK в Центрально-Черноземном районе.

На ячмене за счет удобрений дополнительно получено в среднем от 4,9 до 14,5 ц/га зерна, или в пересчете на 1 кг питательных веществ 2,8—5,4 кг. Однако наиболее высокая окупаемость удобрений — 5—5,9 кг зерна на 1 кг NPK отмечена на оподзоленных черноземах Уральского района, а также на серой лесной почве и обыкновенном черноземе Западно-Сибирского района.

Применение минеральных удобрений на сахарной свекле было наиболее эффективным по всем показателям в Поволжье. Прибавка урожайности составила 88 ц/га, или 28 %, что в пересчете на каждый килограмм удобрений соответствует 33 кг корнеплодов. Наименьшая окупаемость удобрений прибавками урожая сахарной свеклы установлена на темно-серой лесной почве и выщелоченном черноземе Центрального района: прибавка составила 17—18 кг корней на 1 кг NPK, а затраты удобрений на 1 т дополнительного урожая — 58 кг NPK.

В опытах на картофеле применение удобрений позволило получить на каждом гектаре дополнительно 40—106 ц клубней, что в пересчете на 1 кг действующего вещества составляет 15—33 кг. Наиболее эффективны удобрения на выщелоченных черноземах Северо-Кавказского и обыкновенных черноземах Восточно-Сибирского районов, где окупаемость удобрений соответствовала 30 и 41 кг клубней на каждый килограмм NPK.

При возделывании кукурузы на силос за счет минеральных удобрений получено дополнительно

зеленой массы 50—140 ц/га, что составляет 26—37 % урожая. Окупаемость удобрений прибавкой урожая составила 32 кг зеленой массы на 1 кг д. в. с колебаниями от 25 кг в Уральском районе до 44 кг — в Поволжском, а затраты удобрений на получение 1 т прибавки составили 23—41 кг питательных веществ. Оптимальным соотношением NPK под кукурузу на силос было 1:0,8:0,7 с колебаниями по фосфору и калию от 0,4 на выщелоченном черноземе Восточной Сибири до 1:2:0,6 на выщелоченном черноземе Уральского района.

На многолетних травах за счет внесения 225 кг удобрений в соотношении 1:0,9:0,9 дополнительно получено 22 ц/га сена. Самые высокие урожайность и прибавка отмечались на дерново-подзолистых почвах Центрального района — соответственно 65,1 и 30,9 ц/га и на серых лесных почвах Западной Сибири — 52,7 и 34,5 ц/га сена. Окупаемость 1 кг NPK удобрений прибавкой в этих регионах равнялась 12,1—14,4 кг сена, а затраты удобрений на 1 т прибавки составили 69—82 кг. В случае получения прибавки менее 10 ц/га сена окупаемость удобрений снижается в 2—3 раза, а их затраты на единицу продукции, напротив, возрастают в 2—3 раза по сравнению с нормативными.

Минеральные удобрения резко увеличивали урожайность овощей. Так, на дерново-луговой почве Центрального района от 1 кг питательных веществ получена прибавка урожая капусты в размере 45 кг, а на зернисто-слоистой пойме Волго-Вятского — 53 кг.

На урожайность культур и эффективность вносимых под них удобрений заметное влияние оказывают агротехнические и погодные условия.

3. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой осадков

Район	Предшественник	Осадки, мм*		Урожайность (без удобрений), ц/га
		апрель — май	апрель — июнь	
Центральный (южная часть)	Многолетние травы	69 (а)	141 (2)	19,7
		99 (б)	217 (6)	22
	Пропашные Зерновые	129 (б)	231 (6)	19,4
		63 (а)	105 (9)	19,6
		131 (б)	236 (15)	19,8
Центрально- Черноземный	Пар, горох	72 (а)	139 (25)	25
		115 (б)	189 (30)	26,1
	Зерновые	70 (а)	111 (16)	19,5
		108 (б)	170 (16)	23,9
Поволжский	Пар	60 (а)	95 (14)	21,1
		90 (б)	143 (7)	31,1
Северо-Кав- казский		76 (а)	103 (23)	29,7
		111 (б)	157 (5)	30,9
	Кукуруза	85 (а)	132 (28)	31,6
		158 (б)	237 (40)	35
		Озимая пшеница	77 (а)	125 (23)
		151 (б)	200 (30)	31,5

* Суммарное количество за апрель — май и апрель — июнь в годы с количеством опытов в группе.

Обобщенные результаты 295 полевых опытов с озимой пшеницей (табл. 3), проведенных агрохимслужбой в 1973—1983 гг., показали, что за счет лучшего увлажнения посевов в весенний период достоверные прибавки зерна в Центральном районе получены при размещении этой культуры по многолетним травам (2,3 ц/га), в Центральном-Черноземном — по зерновым культурам (4,4 ц/га), на Северном Кавказе — по кукурузе

пшеницы в зависимости от предшественников и количества

Дозы удобрений, кг/га	Прибавка урожайности, ц/га						
	NPK	PK	NK	NP	N	P	K
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	11,2	5,5	2,3	5,6	2,7	5,9	2,6
То же	10,9	6,5	3,4	5,4	2,2	5,4	3,3
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	8,4	3,8	6,9	7,9	5,2	2,1	1,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	6,9	3,4	4,1	4,9	3	2,4	1,5
То же	9,4	5,8	6,1	7,3	3,7	3,5	2,2
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	6,2	4,1	3,8	5	2,3	2,5	1,4
То же	7,1	4,8	4,5	5,3	2,7	2,7	1,7
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	8,1	4,1	3,9	5,1	3	3,1	2
То же	7	3,8	3,6	5,5	2,9	3,2	1,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,4	2,6	2,6	3,8	2,2	2,2	1
То же	5,4	3,6	-1,2	4,9	0,7	5,4	-0,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,5	2,6	2,6	4	2	1,9	0,6
То же	8,5	6,8	4,7	7,9	2,5	4,6	1,4
N ₆₅ P ₆₅ K ₄₀	5,7	2,9	2,5	5,3	2,5	3	0,2
То же	7,1	4,5	3,2	6,4	2,6	3,8	0,7
N ₇₀ P ₇₀ K ₅₀	5,4	3,3	2,3	4,1	1,7	2,8	0,9
То же	6,3	5,3	3,1	5,8	1,5	3,8	1

недостаточным (а) и умеренным (б) увлажнением посевов. Цифры в скобках —

и озимой пшенице (3,4—3,5 ц/га), в Поволжье — по чистому пару (10 ц/га).

Внесение полного минерального удобрения под основную обработку почвы обеспечило самые высокие прибавки озимой пшеницы (10,9—11,2 ц/га) при возделывании ее по многолетним травам в Центральном районе и по зерновым культурам (7,3—8,1 ц/га зерна) — в Центрально-Черноземном районе. На почвах Северного Кавказа основное

удобрение озимой пшеницы НРК в годы с благоприятным увлажнением в весенние месяцы повышало сбор зерна на 6,3—8,5 ц/га; при дефиците влаги — на 4,5—5,7 ц/га.

Из парных комбинаций эффективны НРК-удобрения. На почвах большинства регионов озимая пшеница наиболее отзывчива на фосфор и азот. Преимущество фосфора было особенно заметным (прибавка зерна 4,6—5,4 ц/га) в условиях чистого пара при лучшем увлажнении посевов. Роль калия была существенной, главным образом, на почвах лесостепи Центрального и Центрально-Черноземного районов.

В основных регионах возделывания яровой пшеницы, как показали обобщенные результаты 540 опытов агрохимслужбы РСФСР (табл. 4), величина урожаев зерна в значительной мере также определяется количеством выпавших осадков и предшественником. Наиболее низкие урожаи в опытах по Западной Сибири обусловлены специфическими условиями зоны, где за последние 8 лет (1976—1983) средняя урожайность зерновых составила 11,8 ц/га, тогда как в Восточной Сибири она равнялась 13, в Поволжье — 14, на Южном Урале — 14,5 ц/га.

При размещении пшеницы по зерновым культурам без внесения удобрений ее урожайность в засушливые годы колебалась в пределах от 11,1 до 15,3 ц/га, по пропашным — от 10,1 до 20,6, по пару — от 16,7 до 19,3 ц/га, а в благоприятные по увлажнению годы — соответственно от 13,3 до 19,6, от 14,7 до 23,2 и от 19,5 до 27,3 ц/га. В годы с удовлетворительной влагообеспеченностью посевов прибавки урожая зерна по сравнению с засушливыми годами по пропашным предшественникам составляли (ц/га): в По-

волжье — 7,1, на Урале — 8,2, в Западной Сибири — 4,6, в Восточной Сибири — 2,6, а по зерновым культурам — соответственно 6,5, 4,1, 2,2 и 1,7. В годы с лучшей увлажненностью урожайность пшеницы по пару в Западной Сибири была на 2,8 ц/га, а в Восточной Сибири — на 8 ц/га больше, чем в годы с недостаточной увлажненностью.

Во всех регионах наиболее эффективно действует полное минеральное удобрение. Прибавки зерна от НК также в большей степени определялись условиями погоды. Улучшение водного режима почвы обеспечило при одних и тех же дозах удобрений дополнительно 1,3—2,6 ц/га зерна яровой пшеницы при размещении ее по зерновым культурам в Поволжье, Восточной Сибири и по обоим предшественникам — на Урале. В остальных случаях осадки, равно как и предшественники, не оказывали заметного влияния на действие полного удобрения.

Из парных комбинаций наиболее эффективны NP -удобрения. При этом прибавки зерна пшеницы несколько выше по зерновым предшественникам, в особенности при лучшем увлажнении посевов. В условиях Восточной Сибири азотно-фосфорные удобрения обеспечивали устойчивые прибавки урожая (3,2—4,9 ц/га) по всем трем предшественникам в годы с дефицитом влаги и с нормальным увлажнением. PK - и NK -удобрения оказывали одинаковое действие на урожай.

Из таблицы 4 видно, что при дефиците влаги снижается влияние как азотных, так и фосфорных удобрений. Вполне естественно, что эффективность азота резко падала при размещении пшеницы по пару. Эффект от калия прослеживался во всех зонах, однако он был менее выра-

4. Влияние минеральных удобрений на урожайность яровой осадков

Регион	Предшественник	Осадки, мм*		Урожайность (без удобрений), ц/га
		май — июнь	май — июль	
Поволжье	Пропашные	57 (а)	126 (20)	15,1
		132 (б)	228 (23)	22,2
Южный Урал	Зерновые	51 (а)	103 (34)	13,1
		116 (б)	183 (24)	19,6
	Пропашные	58 (а)	110 (41)	14,7
		121 (б)	185 (37)	22,9
Зерновые	57 (а)	112 (49)	13,1	
	115 (б)	177 (63)	17,2	
Западная Сибирь	Пар	43 (а)	103 (11)	16,7
		90 (б)	165 (14)	19,5
	Пропашные	54 (а)	104 (12)	10,1
		125 (б)	189 (21)	14,7
Зерновые	67 (а)	128 (32)	11,1	
	114 (б)	177 (31)	13,3	
Восточная Сибирь	Пар	71 (а)	133 (19)	19,3
		119 (б)	223 (19)	27,3
	Пропашные	75 (а)	133 (24)	20,6
		120 (б)	192 (21)	23,2
Зерновые	69 (а)	128 (13)	15,3	
	119 (б)	204 (32)	17,0	

* Суммарное количество осадков за май — июнь и май — июль в годиках — число опытов в группе.

женным, чем от азота и фосфора. Тем не менее, недооценка роли каждого из трех основных элементов ведет к недобору урожая. Одновременное внесение двух и трех питательных элементов на черноземных почвах в регионах с неустойчивым увлажнением было эффективнее, чем раздельное.

Действие фосфорных и калийных удобрений зависит от содержания в почве доступных растениям соединений фосфора и калия. Агрехими-

пшеницы в зависимости от предшественников и количества

Дозы удобрений, кг/га	Прибавка урожайности, ц/га						
	NPK	PK	NK	NP	N	P	K
N ₆₀ P ₇₅ K ₆₀	3,6	2,1	2,2	2,7	1,4	1,3	0,9
То же	3,5	2,3	1,8	2	0,9	1,4	1,2
N ₆₀ P ₇₀ K ₆₀	3,5	2,5	2,9	2,8	1,4	1	1,1
То же	5,8	2,9	3,7	4,4	2,7	1,9	1,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₅₀	3,5	2,2	2,1	2,1	1,1	1,2	1,2
То же	5,2	2,9	2,6	3,4	0,8	2,1	1,3
N ₅₅ P ₆₀ K ₅₀	3	1,6	1,6	1,8	1,1	1,1	0,8
То же	5,6	2,4	2,8	3,7	2,4	2	1,2
N ₅₀ P ₆₀ K ₄₅	3,3	2,5	1,4	1,7	0,5	1,6	1,2
То же	4,6	2,4	2,2	3,9	2	2,2	0,4
N ₆₀ P ₇₀ K ₆₀	3,1	1,3	1,1	1,7	1,1	1,3	0,7
То же	3,7	1,7	1,3	2,3	1,3	1,7	0,7
N ₆₀ P ₇₀ K ₆₀	3,1	1,6	1,2	2,2	1,1	1,5	0,5
То же	4,1	2,1	2	3,8	2	2,1	0,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4	3,4	1,6	3,2	0,7	2,5	0,8
То же	4,4	3,5	2,8	3,5	1,2	1,9	1,3
N ₆₅ P ₆₅ K ₆₀	5,1	2,8	3,7	4,7	2,6	1,7	0,8
То же	5,4	2,9	2,4	4,9	3,3	2,8	0,3
N ₆₀ P ₆₅ K ₆₀	4,3	1,8	2,7	3,2	2,2	1,3	0,8
То же	5,8	2,6	3,7	4,8	3	1,9	0,9

с недостаточным (а) и умеренным (б) увлажнением посевов. Цифры в скоб-

ческое обследование земель колхозов и совхозов проектно-изыскательскими станциями химизации сельского хозяйства показало, что во всех регионах РСФСР имеются значительные площади пашни с очень низким и низким содержанием подвижных форм фосфора и калия. В связи с этим почти повсеместно эффективно применение фосфорных удобрений. Действие калийных удобрений наиболее стабильно в Нечерноземной зоне.

Опытами агрохимической службы РСФСР по-

казано, что количество подвижного фосфора в почве в значительной степени определяет уровни урожайности культур и их отзывчивость на возрастающие дозы фосфорных удобрений. Чем выше содержание подвижных фосфатов в почвах, тем больше урожайность растений (табл. 5).

Зависимость действия фосфорных удобрений от содержания фосфора довольно устойчиво проявляется на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Так, на дерново-подзолистых почвах с низким содержанием фосфора прибавки урожая озимой ржи от возрастающих доз фосфора увеличивались с 5,3 до 7, ячменя — с 2,3 до 5,9 ц/га; на серых лесных почвах — соответственно с 3,4 до 8,6 и с 2,3 до 6,7 ц/га. При высоком содержании фосфора прибавки были заметно ниже: на дерново-подзолистых почвах в опытах с озимой рожью — 2,2—3,2, с ячменем — 1,7—4,2 ц/га; на серых лесных почвах — соответственно 2,4—2,7 и 0,9—2,1 ц/га. Аналогичные результаты получены в опытах со льном-долгунцом. На черноземах и каштановых почвах подобная зависимость выражена гораздо слабее.

Подобно фосфору, эффективность калийных удобрений также зависела от содержания обменного калия в почве, особенно в дерново-подзолистых, серых лесных почвах и выщелоченных черноземах (табл. 6). Так, на дерново-подзолистых почвах за счет повышения в них запасов обменного калия урожайность озимой ржи повышалась с 14,4 до 19,5 ц/га, а по NP-фону — с 17,7 до 23,2 ц/га; урожайность ячменя возрастала соответственно с 16,5 до 18,7 и с 20,9 до 21 ц/га; сбор соломки льна-долгунца — с 26,4 до 28 и с 31,4 до 32,8 ц/га.

На серых лесных почвах только за счет уве-

5. Эффективность фосфорных удобрений в зависимости от содержания подвижного P_2O_5 в почвах (по данным А. П. Смирнова, А. И. Поткина, 1985)

Тип почвы	Содержание P_2O_5 в почве	Урожайность, ц/га		Прибавка урожайности к фону, ц/га				Число опытов
		без удобрений	по НК*	P_{60}	P_{90}	P_{120}	P_{150}	
Озимая рожь								
Дерново-подзолистая	Низкое	13,1	14,7	5,3	5	6,2	7	21
	Среднее	17,2	21,8	3,7	3,7	3,4	3,3	44
	Высокое	19,5	23,2	2,2	3,2	3,3	3,2	25
Серая лесная	Низкое	12,4	15,6	3,4	5,1	6,7	8,6	9
	Среднее	16,4	19,9	2,8	3,8	4,8	8,9	20
	Высокое	19,4	23,2	2,4	3	2,4	2,7	5
Ячмень								
Дерново-подзолистая	Низкое	14,4	19,1	2,3	2,6	4,6	5,9	27
	Среднее	17,6	22,1	2,4	3,4	4,2	3,7	55
	Высокое	19,5	24	1,7	3,1	3	4,2	33
Серая лесная	Среднее	23	25,5	2,3	2,4	3	6,7	55
	Высокое	25,7	26,5	0,9	2,5	2,7	2,1	20
Черноземы выщелоченные и оподзоленные	Низкое	16,8	20,3	2,8	3,7	4,7	4,6	36
	Среднее	21,8	25,7	1,3	2,1	3,2	2,9	96
Чернозем карбонатный	Низкое	24,1	25,7	2,8	3,8	3,9	5,4	23
	Среднее	24,1	26,8	1,1	1,3	2,1	—	19
Каштановая	Низкое	15,6	18,7	2	2	3,4	—	10
	Среднее	18,5	20,7	2,5	2,5	3,3	—	15
Сахарная свекла								
Серая лесная	Низкое	167	204	—	35	64	60	5
	Среднее	192	217	13	22	29	26	9
	Высокое	221	299	24	37	44	60	6
Черноземы выщелоченные, обыкновенные	Низкое	176	218	—	51	33	57	6
	Среднее	219	264	30	39	47	50	66
	Высокое	199	246	24	42	40	52	34
Лен-долгуец (соломка)								
Дерново-подзолистая	Среднее	23,4	30,8	3,3	3,4	3,9	3,6	28
	Высокое	29,4	32,5	2	3,4	2,9	3,5	7

* В опытах с озимой рожью и ячменем — $N_{60}K_{60}$, с сахарной свеклой — $N_{120}K_{120}$, со льном — $N_{40}K_{60}$.

личения содержания калия без внесения удобрений прибавка зерна озимой ржи составила 3,7 ц/га, ячменя — 6,2, корней сахарной свеклы — 74 ц/га, а по азотно-калийному фону — соответственно 2,7; 7,6 и 122 ц/га.

На дерново-подзолистых почвах с низким содержанием обменного калия прибавки урожая озимой ржи от возрастающих доз калийных удобрений повышались с 1,9 до 6,5 ц/га, ячменя — с 4,1 до 6, льна-долгунца — с 2,9 до 5,2 ц/га. При высоком содержании калия в почве прибавки заметно снижались. Подобная закономерность, хотя и в менее выраженной форме, имела место и на других типах почв.

Эффективность отдельных видов и полного удобрения (НРК) зависит не только от содержания подвижных форм фосфора или калия в почве, а и от всего комплекса агрохимических свойств, объединяемых понятием «степень окультуренности почвы». В обобщенных нами данных полевых опытов с удобрениями установлена тесная связь между агрохимическими показателями дерново-подзолистых почв и урожайностью зерновых культур и картофеля. В таблице 7 показано влияние различной степени окультуренности почвы на урожай зерновых культур (ячмень, озимая пшеница и рожь) и эффективность удобрений. По мере улучшения свойств почв растет урожайность зерна как в варианте без удобрений, так и по НРК. За счет окультуренности почв урожайность без применения удобрений повышается с 12,4 до 23,2 ц/га, или на 87 %, а при внесении удобрений — с 19,8 до 30,1 ц/га, или на 52 %. Прибавки зерна за счет повышения окультуренности почвы на естественном фоне составляют 4,4—10,8 ц/га, на удобренном — 3,4—10,3 ц/га. За

6. Эффективность калийных удобрений в зависимости от содержания обменного K_2O в почвах (по данным А. П. Смирнова, И. И. Шевченко, 1985)

Тип почвы	Содержание K_2O в почве	Урожайность, ц/га		Прибавка урожайности к фону, ц/га					Число опытов
		без удобрений	по NP*	K_{30}	K_{60}	K_{90}	K_{120}	K_{150}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Озимая рожь									
Дерново-подзолистая	Низкое	14,4	17,7	1,9	2,4	3,6	5,6	6,5	14
	Среднее	17,2	21,8	1,4	3,2	4,2	3,1	4	44
	Высокое	19,5	23,2	0,9	1,3	2,9	3,9	4,6	25
Серая лесная	Низкое	12,2	16,7	—	3,3	4,1	4,1	4,3	9
	Среднее	15,9	19	2,2	3,2	3,5	3,8	5,8	40
Ячмень									
Дерново-подзолистая	Низкое	16,5	20,9	4,1	6	—	5,6	5,2	10
	Среднее	19,3	23,1	3	3	4,2	6	2,7	46
	Высокое	18,7	24	2,2	1,6	3	4,2	—	25
Серая лесная	Низкое	16,1	20	3,4	3,4	2,6	4,4	—	14
	Среднее	22,3	27,6	—	1,5	2,8	3	—	38
Чернозем выщелоченный	Среднее	19,4	24,4	1,7	1,6	2,8	3,4	—	48
	Высокое	21,9	25,9	0,9	1,4	1,5	2,4	—	10
Чернозем обыкновенный	Среднее	18,6	21,8	1,3	0,5	1,9	1,2	—	4
	Высокое	18,2	21,4	0,4	1,2	1	—	—	9
Сахарная свекла									
Серая лесная	Среднее	178	206	—	18	30	59	76	18
	Высокое	252	328	—	15	34	27	96	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чернозем выщелочен- ный	Сред- нее	195	233	—	24	32	38	57	54
	Высо- кое	207	257	—	27	54	45	69	52
Чернозем обыкновен- ный	Сред- нее	234	279	—	22	39	52	—	12
	Высо- кое	222	277	—	—	18	14	22	9
Лен-долгунец (соломка)									
Дерново- подзолистая	Сред- нее	26,4	31,4	—	2,9	4,2	4,8	5,2	32
	Высо- кое	28	32,8	0,4	2,9	2,8	4	—	13

* В опытах с озимой рожью и ячменем — $N_{60}P_{90}$, с сахарной свеклой — $N_{120}P_{120}$, со льном — $N_{40}P_{90}$.

счет плодородия почвы формируется 63—77 % урожая зерновых, за счет удобрений — 23—37 %. При этом окупаемость 1 кг NPK урожаем повышается с 11 до 16,7 кг зерна.

За счет повышения окультуренности почвы увеличивается урожайность картофеля: на естественном фоне — на 17—46 ц/га, на удобренном — на 8—14 ц/га клубней (табл. 8). Формирование урожая клубней на 65—79 % зависит от плодородия почв и на 21—35 % от вносимых удобрений. С повышением окультуренности почв доля урожая, получаемого за счет удобрений, снижается. Картофель более требователен к плодородию почв по сравнению с зерновыми культурами, в особенности к содержанию подвижных форм фосфора и калия.

7. Влияние различной степени окультуренности дерново-подзолистых почв на урожай зерновых культур и эффективность удобрений

Показатель	Число полевых опытов			
	40	76	42	36
Агрохимические свойства почвы:				
pH _{KCl}	4,7	5,2	5,7	6,3
гумус, %	1,6	1,9	2,3	2,6
P ₂ O ₅ , мг/кг (по Кирсанову)	54	87	136	213
K ₂ O, мг/кг (по Кирсанову)	63	110	154	198
степень окультуренности, баллов	20	40	58	82
Урожайность зерновых, ц/га:				
без удобрений	12,4	16,8	17,9	23,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19,8	23,2	26,6	30,1
Прибавка урожайности за счет окультуренности почвы, ц/га:				
без удобрений	—	4,4	5,5	10,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	—	3,4	6,8	10,3
Доля урожая за счет, %:				
плодородия почв	63	72	67	77
удобрений	37	28	33	23
Затраты удобрений на 1 т урожая, кг NPK				
	91	77	67	60
Окупаемость 1 кг NPK урожаем зерна, кг				
	11	12,9	14,8	16,7

РЯДКОВОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Рядковое удобрение вносят одновременно с посевом или посадкой растений для обеспечения нормального корневого питания в первый период роста. Это удобрение обычно действует короткий период и удовлетворяет небольшую часть потребности растений в питательных веществах, но часто определяет дальнейшее развитие растений. Размещение удобрений вблизи развивающихся корней создает зону повышенной концентрации

8. Влияние различной степени окультуренности дерново-подзолистых почв на урожай картофеля и эффективность удобрений

Показатель	Число полевых опытов			
	35	33	18	12
Агрохимические свойства почвы:				
гумус, %	1,7	2,1	2,5	3,3
pH _{KCl}	4,9	5,4	5,5	6,2
P ₂ O ₅ , мг/кг (по Кирсанову)	82	130	225	272
K ₂ O, мг/кг (по Кирсанову)	108	146	258	277
степень окультуренности почвы, баллов	19	39	62	84
Урожайность картофеля, ц/га:				
без удобрений	121	138	141	167
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	187	195	198	211
Прибавка урожайности за счет окультуренности почвы, ц/га:				
без удобрений	—	17	20	46
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	—	8	11	14
Доля урожая за счет, %:				
плодородия почв	65	70	71	79
удобрений	35	30	29	21
Затраты удобрений на 1 т урожая, кг NPK				
	16	15	15	14
Окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней, кг				
	62	65	66	70

питательных веществ, что облегчает их поглощение и повышает коэффициент использования. Локальное размещение удобрений ограничивает использование питательных веществ сорными растениями.

Припосевное удобрение вносят обычно комбинированными посевными и посадочными орудиями. С помощью зерновых сеялок типа СЗ-3,6, СЗС-2,1 и картофелесажалок СН-4Б, СКС-4 гранулы удобрений располагаются в тех же рядах, что и семена или клубни, то есть контактируют друг с другом. При эксплуатации ку-

курузных и свекловичных сеялок СУПН-8, ССТ-12Б минеральные удобрения размещаются изолированно на 2—3 см сбоку от рядка семян.

При рядковом внесении лучше размещать гранулы удобрений на расстоянии 2—4 см с одной или с обеих сторон рядка и на столько же глубже высеянных семян (рис. 3).

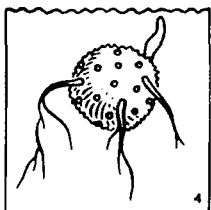
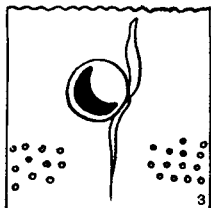
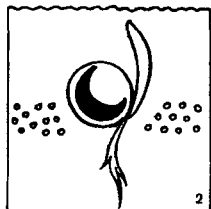
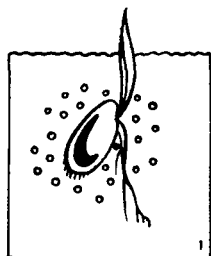
Применение микроэлементов хорошо совмещается с предпосевной обработкой семян протравителями. Этот способ припосевного внесения микроудобрений в составе пленкообразующих препаратов в настоящее время широко применяется передовыми хозяйствами республики.

Потребность молодых растений в фосфоре преобладает над потребностью в азоте. Поэтому в составе рядкового удобрения решающее значение имеет фосфор. Как показали опыты агрохимической службы (1970—1980 гг.), самую высокую оплату фосфора прибавкой урожая обеспечивает припосевное внесение удобрения. Внесение в рядки гранулированного суперфосфата (P_{10-20}) позволило получить прибавки зерна озимой пшеницы 2,4, ячменя — на 2,2 ц/га; оплата 1 кг P_2O_5 прибавкой составила соответственно 16 и 15 кг; условно чистый доход на 1 га равнялся соответственно 13,8 и 10,2 руб., а на 1 руб. затрат — 2,5 и 2,1 руб.

Особенно широко испытано рядковое (припосевное) внесение гранулированного суперфосфата на посевах яровой пшеницы в основных регионах ее возделывания (табл. 9).

При внесении суперфосфата в дозе P_{10} (20—22 кг двойного суперфосфата по физической массе) прибавка зерна равнялась 1,6 ц/га, или 16 кг на 1 кг P_2O_5 удобрения. Удвоение дозы (P_{20}) повысило урожай всего на 0,5 ц/га, но рез-

Р и с. 3. Способы рядкового внесения удобрений:



1 — комбинированными сеялками СК-3,6, СЗС-2,1 (удобрения контактируют с семенами); 2 — комбинированными сеялками ССТ-12Б, СУПН-8 (удобрения изолированы от семян); 3 — размещение удобрений на 2—4 см ниже семян и сбоку от них; 4 — инкрустация семян микроэлементами

ко снизило окупаемость единицы фосфора прибавкой. Поэтому для яровой пшеницы можно ограничиться внесением в рядки суперфосфата в дозе P_{10} . Об этом свидетельствуют также данные по регионам и почвенно-климатическим зонам.

Примером высокоэффективного действия удобрений при рядковом внесении служат результаты опыта с озимой пшеницей, проведенного в колхозе им. Свердлова Сысертского района Свердловской области. Почва темно-серая лесная, сильно кислая (pH 4,7), бедная питательными веществами (содержание подвижных форм P_2O_5 и K_2O — 25—28 мг/кг почвы). Рядковое внесение удобрений совместно с семенами втрое меньшей дозой обеспечило такой же эффект, что и ленточный способ предпосевного их внесения (табл. 10).

Меньшая доза фосфорных удобрений, внесенных в рядки и лунки, обеспечивает эффект на сахарной свекле, кукурузе, картофеле и других куль-

9. Эффективность рядкового внесения гранулированного суперфосфата под яровую пшеницу

Республика, экономический район, зона	Доза P_2O_5 , кг/га	Прибавка урожайности, ц/га	Затраты P_2O_5 на 1 т прибавки зерна, кг	Окупаемость 1 кг P_2O_5 прибавкой зерна, кг
РСФСР	10*	1,6	63	16
	20**	2,1	91	11
Поволжский	20	2,2	71	11
Уральский	20	2,2	91	11
Западно-Сибирский	10	1,5	67	15
	20	2,3	87	12
Лесостепная	10	2,1	50	21
	20	2,7	74	14
Степная	10	1	91	10
	20	1,9	100	10
Восточно-Сибирская	10	1,7	55	17
	20	2,5	80	13
Лесостепная	10	1,5	59	15
	10	2,1	48	21
Степная	20	2,5	80	13

* В обобщение включено 96 опытов.

** В обобщение включено 185 опытов.

турах, как и умеренная доза, внесенная взброс.

На хорошо удобренных, плодородных почвах эффективность рядкового удобрения снижается, однако это не является достаточным основанием для отказа от его применения. В этом случае внесение небольших доз гранулированного суперфосфата в рядки существенно уменьшает отрицательное влияние пестроты естественного плодородия и неравномерного распределения основного удобрения на минеральное питание отдельных растений.

Припосевные удобрения зерновых культур широко внедряются в сельскохозяйственную практику. Если за 1966—1970 гг. в Российской Федерации рядковое удобрение ежегодно применя-

10. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способа внесения удобрений

Доза удобрений	Способ внесения удобрений	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га
P ₁₀	В рядки с семенами	20,9	3,4
P ₁₀ K ₁₂	То же	21,6	4,2
N ₁₁ P ₁₀ K ₁₂	»	22,5	5
P ₃₀	Лентами перед посевом	20,3	2,8
P ₃₀ K ₃₅	То же	22,1	4,6
P ₃₀ K ₃₅ + N ₃₄	То же + ранневесенняя подкормка азотом	22,7	5,2
P ₃₀	Вразброс под предпосевную культивацию	18,9	1,4
P ₃₀ K ₃₅	То же	20,8	3,3
P ₃₀ K ₃₅ + N ₃₄	Вразброс под предпосевную культивацию + подкормка азотом	21,3	3,8
Без удобрений	—	17,5	—

лось на 8,5 млн. га зерновых культур, то в 1971—1975 гг.— на 16,5 млн. га, в 1976—1980 гг.— на 35,1 млн. га, а в 1985 г.— на 43,8 млн. га посевов.

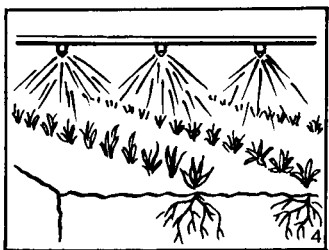
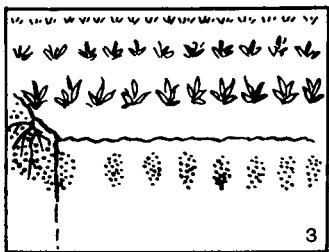
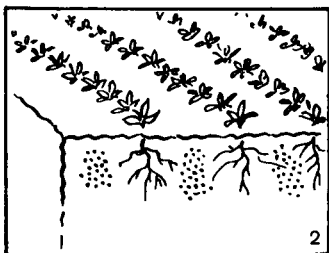
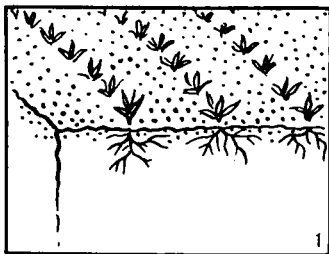
ПОДКОРМКИ

Подкормки применяют в период вегетации растений с целью дополнить, усилить или исправить действие основного удобрения. Особенно широко практикуются подкормки в системе удобрения озимых зерновых и пропашных культур. Чаще всего для этого используют азотные удобрения. Однако их эффективность во многом зависит от способов и сроков внесения. Установлено, что при поверхностном внесении газообразные потери азота достигают 22,8 %, а от выщелачивания в нижележащие горизонты 5,5—8,3 % (Кореньков Д. А., 1978). Поэтому предпочтительнее локальное, прикорневое внесение удобрений, а также некорневое опрыскивание посевов (рис. 4).

Р и с. 4. Способы внесения подкормок:

1 — рассев на поверхности посевов; 2 — локально при междурядной обработке; 3 — прикорневой способ поперек рядков зерновых; 4 — некорневое опрыскивание

До недавнего времени считалось, что лучше всего подкормку озимых хлебов проводить ранней весной, сразу после схода снега. Однако исследования показали, что активное потребление азота наступает спустя 10—15 дней, то есть после прогревания почвы. Это удалось установить в серии полевых опытов на посевах озимой пшеницы, в которых сравнивались три способа внесения азотных туков: ранневесенняя подкормка на поверхности неоттаявшей почвы; прикорневое (локальное) внесение удобрений зерновыми сеялками на глубину 5—7 см в сроки, определяемые возможностью выезда агрегата в поле и вне-



сение удобрений с осени под основную обработку почвы. Испытания проводились в различных почвенно-климатических зонах как на неудобренном, так и на удобренном фоне фосфорно-калийными удобрениями. Азотные удобрения вносили в виде аммиачной селитры и мочевины.

На выщелоченном черноземе Липецкой и Курской областей, на карбонатном черноземе в зоне недостаточного увлажнения Краснодарского края и Карачаево-Черкесской автономной области лучшие результаты получены при внесении азотных удобрений прикорневым способом (табл. 11). Преимущество этого способа над ранневесенним поверхностным выражается прибавкой 1,9—2,1 ц/га. Это можно объяснить тем, что в районах с засушливыми условиями весной поверхностный слой почвы быстро пересыхает и удобрения не успевают проникнуть в почву, оставаясь нерастворенными на ее поверхности. Кроме того, из-за частых пыльных бурь рассеянные по поверхности почвы удобрения сносятся вместе с мелкоземом в лесополосы и балки.

Эффективность азотных удобрений как в ранневесенний период при поверхностном внесении, так и при прикорневом способе внесения возрастает в направлении с юга на север, от районов с засушливым климатом к районам благоприятного увлажнения. Особенно высок эффект от азотной подкормки на обыкновенных черноземах Воронежской, Куйбышевской и Саратовской областей, где прибавка зерна достигает 4—4,5 ц/га. При этом некоторое преимущество прикорневого способа сохраняется практически во всех регионах. Аммиачная селитра и мочевина были одинаково эффективными.

Наряду с азотными удобрениями установлена

11. Эффективность азотных удобрений при различных сроках и способах внесения под озимую пшеницу (1976—1981 гг.)

Область, край, АССР	Почва	Уро- жай зерна по фо- ну P ₆₀ K ₄₀ . ц/га	Прибавка зерна от N ₆₀ , ц/га		
			внесе- ние под основ- ную обра- ботку	поверхно- стное вне- сение вес- ной*	прикорне- вое внесе- ние весной*
Ивановская, Смоленская	Дерново- подзоли- стая	25,7	1,6	$\frac{2,1}{4}$	$\frac{2,7}{4,3}$
Орловская	Темно- серая	24,8	2,9	$\frac{2,1}{1,4}$	$\frac{2,7}{1,6}$
Липецкая, Курская	Чернозем выщело- ченный	23,1	1,6	$\frac{0,6}{0,2}$	$\frac{2,5}{2,4}$
Воронежская, Куйбышевская, Саратовская	Чернозем обычно- венный	27,3	2,9	$\frac{3,2}{3,4}$	$\frac{4,5}{4}$
Белгородская, Воронежская	Чернозем типичный	30,8	0,5	$\frac{3}{1,8}$	$\frac{3,8}{2,8}$
Ростовская, Оренбургская, Калмыцкая АССР	Чернозем южный	30,9	1,2	$\frac{2,4}{3,4}$	$\frac{4}{2,7}$
Краснодарский, Карачаево- Черкесская а. о.	Чернозем карбонат- ный	38,5	0,9	$\frac{-0,1}{-0,1}$	$\frac{2,3}{2,2}$
Ставрополь- ский	Каштано- вая	28,4	1,6	$\frac{1}{0,9}$	$\frac{1,2}{1,3}$
В среднем по 77 опытам		28,4	1,7	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{3,1}{3,2}$

* В числителе прибавка от аммиачной селитры, в знаменателе — от мочевины.

высокая эффективность прикорневой подкормки озимой пшеницы нитроаммофосом и нитроаммо-

фоской (С. А. Шафран, А. А. Лупина, П. Ф. Мотузок, 1981). На обыкновенном черноземе Воронежской области и карбонатном черноземе Краснодарского края внесение комплексных удобрений этим способом в дозе 30—34 кг/га по азоту обеспечило дополнительно 3,2—6,3 ц/га зерна по сравнению с подкормкой аммиачной селитрой. Удобрения повышали стекловидность зерна, а на карбонатном черноземе — его белковость.

В Российской Федерации прикорневая подкормка получила распространение как дополнительная к ранневесенней подкормке и внесению удобрений под основную обработку озимых хлебов. Так, ежегодно в одиннадцатой пятилетке прикорневым способом проводилась подкормка озимых на площади 3,4 млн. га, поверхностным по мерзлоталой почве — на 5,3 млн. га, перед посевом озимых — на 4,7 млн. га.

Некорневые подкормки азотными удобрениями в последнее время широко применяются на посевах культур, возделываемых по интенсивным технологиям. В период вегетации зерновых культур проводится до трех подкормок: в фазу кущения, выхода в трубку и цветения. В каждую подкормку дается 30—40 кг/га азота.

Наряду с азотными подкормками производится также обработка посевов препаратами тур и кампозан для утолщения стебля и предотвращения полегания; опрыскивание и опыливание гербицидами и пестицидами с целью уничтожения сорняков, возбудителей болезней и вредных насекомых. Для прохождения трактора и выполнения этих работ машинами на посевах оставляется постоянная колея. Новая технология позволяет во всех зерновых зонах РСФСР — Нечерноземной, лесостепной и степной получать до 10 ц/га доба-

вочного урожая зерна с высоким содержанием белка и клейковины.

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В УДОБРЕНИЯХ

Из множества существующих в настоящее время методов определения потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях наиболее прост и надежен **нормативный метод**. Он основан на использовании показателей расхода удобрений на производство 1 т урожая основной продукции (с учетом побочной). В результате обобщения длительных и краткосрочных полевых опытов (включая производственные), проведенных учреждениями-соисполнителями Географической сети опытов с удобрениями ВИУА и агрохимической службой, разработаны нормативы применительно к основным возделываемым культурам с учетом почвенно-климатических условий (приложение 2). Зная планируемую урожайность культуры и пользуясь соответствующими нормативными данными, определяют требуемую дозу удобрений. Поскольку опытные данные для разработки нормативов получены в большинстве случаев на почвах с повышенным плодородием, это обстоятельство необходимо учитывать при определении потребности культур, размещаемых на полях с низким содержанием подвижных форм фосфора и калия. В условиях конкретных хозяйств нормы затрат удобрений на производство единицы продукции могут уточняться по результатам вновь проводимых полевых опытов.

Другие способы определения оптимального количества удобрений для получения плановой уро-

жайности основаны на данных о выносе элементов с урожаем, на использовании растительной и почвенной диагностики, листовой диагностики, а также на применении математических методов с последующим расчетом на ЭВМ.

Потребность растений в питательных веществах характеризуют выносом их с урожаем. При этом речь идет о так называемом хозяйственном выносе, то есть о товарной продукции, отчуждаемой с поля при уборке (зерно + солома, корни + ботва). Следовательно, хозяйственный вынос несколько меньше, чем общая потребность данной культуры в элементах питания. Указанная разница значительно сглаживается для картофеля и сахарной свеклы, если их ботва остается на поле и запаховывается в почву. Невелики различия между выносом питательных веществ и потребностью в них у льна, поскольку в урожай входит вся надземная масса и часть корней.

Зная вынос дефицитных питательных веществ намеченным урожаем, агрономы, бригадиры и звеньевые могут и сами рассчитать потребность в удобрениях той или иной культуры. Данные выноса азота, фосфора и калия на 1 т основной продукции (с учетом нетоварной массы урожая), полученные путем обобщения большого количества опытов Геосети ВИУА и агрохимической службы, приведены в таблице 12.

В рассчитанную дозу питательного вещества необходимо вносить поправку, поскольку в первый год действия ни один элемент из любого удобрения не используется растением на 100 %. Исследованиями с применением меченых изотопами удобрений доказано, что азот из минеральных удобрений усваивается первой культурой наполовину, фосфор — на 15 % и калий — на 40 %.

12. Вынос питательных веществ из почвы урожаем различных культур (среднее по РСФСР)

Культура	Вид продукции	Вынос на 1 т основной продукции, кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	Зерно	26,6	8,4	18,5
Озимая рожь	»	27,2	9,7	22,7
Озимый ячмень	»	27,2	10,2	34,6
Яровая пшеница	»	30,3	9,7	17,1
Яровой ячмень	»	25,1	9,2	21
Овес	»	26,5	9,5	27,1
Кукуруза	»	27,1	9	21,3
Просо	»	23,2	7	25
Гречиха	»	26,8	13,2	41,8
Рис	»	15,8	10,3	20,9
Горох	»	48,8	11	33,9
Подсолнечник	»	43,8	16,6	101,8
Соя	»	61,7	13,1	35,3
Корнандр	Семена	43,9	38,6	74,9
Лен-долгунец	Волокно	59,3	20,2	69,6
Конопля	»	83,9	35,7	61,6
Сахарная свекла	Корнеплоды	4,5	1,3	5,9
Картофель	Клубни	5,9	1,6	8
Капуста	Кочаны	3	0,8	3,4
Огурцы	Плоды	3,2	1,6	4,9
Помидоры	»	2,3	0,8	3,8
Свекла столовая	Корнеплоды	4,5	1,4	7
Морковь столовая	»	2,9	1,2	4,1
Лук на репку	Луковицы	1,6	1,2	2,3
Кукуруза на силос	Зеленая масса	2,9	0,9	3,6
Свекла кормовая	Корнеплоды	3,6	0,9	6,7
Однолетние травы:				
бобово-злаковые смеси	Сено	18,8	6,4	23,4
злаковые	»	14,5	3,8	17,6
Многолетние травы:				
бобово-злаковые смеси	»	16,8	4,7	23,6
злаковые	»	11,6	3,8	19,7
Клевер	»	19,1	3,2	20,3
Люцерна	»	21,4	5,7	23,1
Сенокосы	»	16,6	4	18,6

При определении потребности культур севооборота в минеральных удобрениях на темно-серых почвах Курской области нами был испытан и другой метод, также основанный на данных о выносе питательных веществ урожаями. В зависимости от содержания питательных веществ в почвах использовались различные коэффициенты обеспеченности растений азотом, фосфором и калием: при низком содержании растения получают из почвенных запасов $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ часть необходимой нормы, при среднем — $\frac{1}{2}$, при высоком — $\frac{3}{5}$, при очень высоком — всю норму. Недостающее количество питательных веществ вносилось с минеральными удобрениями. Методика расчета оказалась вполне удовлетворительной, поскольку плановая и фактическая урожайность, рассчитанные для трех культур, были близкими и составляли соответственно (ц/га): для ячменя — 28 и 29,2, для кукурузы на силос — 500 и 450, для сахарной свеклы — 350 и 334 ц/га.

При комплексном агрохимическом окультуривании полей в хозяйствах дозу удобрений определяют не только для обеспечения питания растений в предстоящем вегетационном периоде их роста и развития, но и для целенаправленного повышения содержания питательных веществ в почве, то есть в запас. Для этих целей используются фосфорные и калийные удобрения. Азотные удобрения, которые в силу своей высокой подвижности практически не накапливаются в почве, в запас применять не рекомендуется. Их вносят ежегодно в расчете на запланированный урожай.

Доза внесения фосфорных и калийных удобрений в расчете на получение запланированного урожая и повышение содержания питательных

веществ в почве определяется по методу А. В. Постникова по формуле

$$Д = \frac{100В}{К} + \frac{(С_з - С_ф)Н}{Т},$$

- где Д — доза питательного вещества, кг/га;
В — вынос питательного вещества запланированным урожаем, кг/га;
К — коэффициент использования питательного вещества из удобрений, %;
С_з — заданное содержание питательного вещества в почве, мг/кг;
С_ф — фактическое содержание питательного вещества в почве, мг/кг;
Н — норма затрат питательного вещества на увеличение его содержания на 10 мг на 1 кг почвы, кг/га;
Т — время, за которое планируется довести содержание питательного вещества до оптимального уровня, лет.

По данному методу доза питательного вещества устанавливается с учетом планируемой урожайности культур севооборота, а также фактического и заданного содержания фосфора и калия в почве. Количество расходуемых питательных веществ на увеличение этих элементов на 10 мг в 1 кг почвы тесно связано с типом почвы и ее механическим составом. Нормы затрат питательных веществ на увеличение подвижного фосфора и обменного калия показаны в таблице 13.

Дозу внесения фосфора и калия рассчитывают с учетом его суммарного поступления с органическими и минеральными удобрениями. Например, для повышения содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве на 50 мг требуется внести 400 кг/га Р₂О₅. Доза органических удобрений, с которыми поступит в почву 150 кг/га фосфора, составляет 60 т/га. Следовательно, остальные 250 кг надо внести в виде минеральных удобрений.

13. Нормы затрат питательных веществ на увеличение содержания фосфора и калия на 10 мг в 1 кг почвы при одновременном внесении удобрений, кг/га (по данным А. В. Постникова, С. А. Шафрана, 1982)

Тип почвы	Механический состав*	Норма		Метод определения	
		P ₂ O ₅	K ₂ O		
Дерново-подзолистые	1	50—60	40—60	По Кирсанову	
	2	70—90	60—80	То же	
	3	100—120	80—100	»	
Дерново-подзолистые глеевые	В среднем	150—160	—	»	
Серые лесные	1	70—80	60—70	»	
	2	90—110	70—80	»	
	3	120—140	80—90	»	
Черноземы оподзоленные выщелоченные	1	80—90	80—90	По Чирикову	
	2	90—100	80—90	То же	
	3	100—120	80—90	»	
Черноземы: мощные	1	90—100	—	»	
	обыкновенные	2	100—110	—	»
	типичные	3	120—130	—	»
Черноземы приазовские и предкавказские	В среднем	110—130	—	По Мачигину	
Каштановые	То же	90—110	—	То же	

* 1 — песчаные и супесчаные почвы; 2 — суглинистые почвы; 3 — глинистые и тяжелосуглинистые почвы.

Как уже отмечалось, потребность полевых культур в фосфорных и калийных удобрениях определяется с учетом материалов агрохимического обследования полей (каждые 3—5 лет). Однако в отношении азота такой подход непригоден, так

как содержание доступных растениям форм этого элемента быстро изменяется во времени, по почвенному профилю, в большой степени зависит от свойств почвы, погодных условий и уровня агротехники. Для зерновых культур увеличение доз азота ограничено опасностью полегания стеблей. На посевах других культур одностороннее и обильное азотное удобрение вызывает интенсивный рост вегетативной массы, что может сказаться неблагоприятно на формировании урожая и его качестве. Поэтому для уточнения доз и сроков внесения азотных удобрений используют методы растительной и почвенной диагностики.

Метод растительной (тканевой) диагностики используется при расчете доз азотных удобрений под озимые зерновые культуры. Определяется содержание нитратов в основаниях стеблей экспресс-методом по реакции с дифениламиноом. Сравнение результатов анализа производится по упрощенной и трехбалльной шкале, предложенной ВНИПТИХИМ (табл. 14).

14. Определение потребности озимых зерновых культур в подкормке азотом в фазе трубкования по данным экспресс-метода определения нитратов

Окраска ткани	Балл обеспеченности	Доза подкормки, кг/га
Отсутствует	0	От 0 до 1 балла — 30—60
Бледно-голубая	1	От 1 до 2 баллов — 20—30 (планируемая урожайность — свыше 25 ц/га)
Ярко-синяя	2	То же
Темно-синяя	3	Подкормка нецелесообразна

Обобщение материалов почвенной диагностики на посевах озимых зерновых культур в целом по

Нечерноземной зоне показало, что для получения урожайности озимой ржи 20 ц/га и озимой пшеницы 30—40 ц/га слой почвы на глубине от 0 до 60 см должен содержать ранней весной 150 кг/га минерального (нитратного и аммиачного) азота. Причем 60—90 кг/га из этого количества должно быть представлено нитратной формой. Если азота в почве меньше, его количество доводят до рекомендуемого уровня, проводят ранневесеннюю подкормку. При этом обязательно учитывают состояние растений после перезимовки: изреженные посевы подкармливают в первую очередь, несколько увеличивая дозу удобрений по сравнению с дозой удобрений, вносимых под посевы, имеющие нормальную густоту (табл. 15).

15. Дозы азотных удобрений для первой весенней подкормки озимых культур в зависимости от содержания минерального азота в почве и густоты стояния растений, кг/га

Запас азота в слое почвы 0—60 см, кг/га		Число растений на 1 м ²		
нитратный+аммиачный	в том числе нитратный	рожь — до 250; пшеница — до 300	рожь — 250—350; пшеница — 300—400	рожь — свыше 350; пшеница — свыше 400
90—120	Менее 20	60—70	60	30
	20—50	30—40	30	0
120—150	Менее 30	60	30	20
	30—60	30	0	0
150—180	30—40	20	0	0
	Более 40	0	0	0

Примечание. Дозы (в действующем веществе) рассчитаны для аммиачной селитры, половина азота в которой представлена нитратной формой.

На легких почвах обращают внимание на распределение нитратов по почвенному профилю. Ес-

ли в слое глубиной 0—40 см нитраты практически отсутствуют, ранневесенняя подкормка азотом в дозе 30 кг/га дает хорошие результаты даже при общем запасе минерального азота в слое 0—60 см свыше 150 кг/га. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах весенний запас минерального азота от 120 до 140 кг/га в слое глубиной 0—100 см обеспечивает урожайность озимых зерновых культур до 40—50 ц/га, если в верхних горизонтах (0—40 см) содержится не менее 60 кг/га нитратного азота. Однако при таком урожае растениям в фазе выхода в трубку обязательно требуется дополнительная подкормка азотными удобрениями, доза которых устанавливается по данным листовой диагностики.

Для повышения качества зерна озимых и яровых пшениц, возделываемых по интенсивной технологии, наряду с ранневесенними подкормками проводят некорневые подкормки азотными удобрениями в фазы колошения и налива зерна. Необходимость таких подкормок и дозы азотных удобрений уточняются по результатам листовой диагностики посевов.

Метод листовой диагностики основан на определении химическим путем содержания азота и фосфора в листьях растений. В таблице 16 приводится оптимальное содержание этих элементов в растениях пшеницы по фазам развития, предложенное ВНИПТИХИМ (М. М. Овчаренко, Л. Н. Ефремова, Н. В. Медведкина, 1986).

Уровни обеспеченности растений азотом уточнены для различных зон возделывания сильных и твердых пшениц. Установлено, что высокие урожаи хорошего качества формируются в том случае, когда оптимальное отношение азота к фосфору в листьях пшеницы в фазу колоше-

16. Оптимальное содержание азота и фосфора в растениях пшеницы по фазам развития, % от абсолютно сухого вещества

Фаза вегетации	Анализируемый орган	N	P ₂ O ₅
Озимая пшеница			
Кущение	Все растение	4,9—5,5	0,98—1,27
Выход в трубку	То же	3,9—4,5	0,7—0,9
Колошение	Верхние три листа	3,1—4	0,53—0,66
Яровая пшеница			
Кущение	Все растение	4,3—5,2	0,8—1,2
Выход в трубку	То же	3,6—4,4	0,65—1,1
Колошение	Листья	3—3,5	0,56—1

ния равно 5:1. При расчете доз азотных удобрений для подкормки используется формула

$$D = D_1 \frac{C_{\text{опт}}}{C_{\text{факт}}}$$

где D — определяемая доза удобрений для подкормки, кг/га;
 D_1 — рекомендуемая средняя доза азота при подкормке, кг/га;
 $C_{\text{опт}}$ — оптимальное содержание азота в растениях, %;
 $C_{\text{факт}}$ — фактическое содержание азота в растениях, %.

Пример. Фактическое содержание азота в листьях озимой пшеницы в фазу колошения равно 3 %, а оптимальное — 3,5 %. Для проведения некорневой подкормки в эту фазу рекомендована доза азотных удобрений 30 кг/га д. в. Подставляя исходные данные в формулу расчета, получаем, что скорректированная доза азотных удобрений для некорневой подкормки равна 35 кг/га.

$$D = 30 \text{ кг/га} \frac{3,5 \%}{3 \%} = 35 \text{ кг/га.}$$

В последние годы для практических расчетов

широко используются математические методы определения потребности культур в удобрениях с применением электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Преимущество этих методов состоит в том, что они позволяют подойти к установлению оптимальных доз для получения планируемой урожайности с учетом множества факторов. Взаимосвязь между отдельными факторами и комплексное их влияние на эффективность действия удобрений выражают в виде математических уравнений, которые решают с помощью ЭВМ.

Ежегодно для колхозов и совхозов различных регионов РСФСР составляются рекомендации по рациональным дозам органических и минеральных удобрений под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур по программе РАДОЗ. Программа РАДОЗ-2 разработана Центральным институтом агрохимического обслуживания (ЦИНАО) для Нечерноземной зоны. В других зонах рекомендуемые дозы корректируются филиалами и отделами ВНИПТИХИМ совместно с проектно-изыскательскими станциями химизации с учетом почвенно-агрохимических и агротехнических факторов для каждой сельскохозяйственной культуры. К почвенно-агрохимическим факторам относятся тип почвы, механический состав, кислотность (рН солевой вытяжки), содержание подвижных форм фосфора и калия, степень эродированности почвы. Агротехнические факторы — предшественник, его обеспеченность удобрениями, сорт и планируемый урожай культуры. Культуры подразделяют на две группы: среднепродуктивные и высокопродуктивные, предшественники — на три группы: хорошие, средние, посредственные. Если рекомендуемая норма органических удобрений не вносится, то она компен-

сируется внесением дополнительного количества минеральных туков из расчета по 1 кг азота, 0,9 — фосфора и 0,6 кг калия на каждую тонну внесенного навоза. И, напротив, если в хозяйстве недостает минеральных удобрений, их дозы уточняются. Причем культуры, под которые внесение удобрений обязательно, обеспечиваются ими полностью, а для других культур дозы снижаются по каждому виду удобрений с учетом их урожайности, сорта, обеспеченности почвы элементами питания и других факторов.

СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТАХ

Разработку системы удобрений в севооборотах необходимо начинать с анализа урожайности возделываемых культур, результатов почвенно-агрохимического обследования полей, структуры посевных площадей и баланса питательных веществ за предшествующие годы. Выбор системы будет зависеть от обеспеченности хозяйств минеральными туками, органическими удобрениями и от планируемой урожайности.

Систему удобрений в севообороте составляют на основе проекта внутривозрастного землеустройства и результатов почвенно-агрохимического обследования полей. Разработка системы удобрений предусматривает проведение следующих мероприятий:

организацию производства и применения органических удобрений в расчете на создание бездефицитного баланса гумуса в почве;

известкование кислых почв, химическую мелиорацию солонцовых земель;

установление доз удобрений, сроков и способов их внесения, с учетом плодородия почвы, вида культуры и намеченного уровня ее урожайности;

расчет баланса питательных веществ в данном поле, севообороте и по хозяйству в целом.

Рассмотрим порядок составления системы удобрения на примере совхоза им. Тельмана Раменского района Московской области.

Производство необходимого количества органических удобрений на гектар севооборотной площади и ротацию севооборота рассчитывают на основании баланса гумуса в почве. Расходная часть баланса — это, главным образом, потери гумуса вследствие его минерализации. Воспроизводство запасов гумуса естественным путем происходит за счет послеуборочных и корневых остатков и прямо связано с величиной урожая. При запланированной хозяйством структуре севооборотов и уровне урожайности культур на 1990 г. под многолетними травами в почву поступит в 1,5—3 раза больше органического вещества, чем израсходуется его на минерализацию. Зерновые культуры и однолетние травы компенсируют запасы гумуса на 90—230 %, кукуруза — на 70, картофель — на 11—15, овощные — на 8—12, кормовые корнеплоды — всего на 3 %. Согласно принятой в хозяйстве структуре севооборотов, для поддержания бездефицитного баланса гумуса требуется вносить органических удобрений в пересчете на 1 га (т): в полевом севообороте — 7,2, в кормовых — 10—12,4, в овощных на орошаемой пойме — по 40. Отсюда ежегодная потребность совхоза в органических удобрениях составляет 47,5 тыс. т, или в среднем 13 т/га севооборотной площади. Ресурсы для

производства такого количества удобрений хозяйство имеет.

Наряду с пополнением запасов гумуса в почве органические удобрения — важный источник питательных веществ для растений. С 1 т навоза хорошего качества в почву вносится (кг): азота — 5; P_2O_5 — 2; K_2O — 4; Са — 3,6. В навозе содержится также магний, сера и микроэлементы.

Известкование кислых почв — одно из основных условий повышения продуктивности пашни. Так как действие извести продолжается в течение многих лет, при планировании известкования приходится учитывать отношение к $CaCO_3$ всех культур севооборота. Наиболее чувствительны к кислотности почв сахарная и столовая свекла, красный клевер, люцерна, озимая рожь и пшеница, белокочанная капуста.

Потребность в известковых материалах может быть рассчитана по нормативам ВИУА и на основании группировки площади почв по кислотности по данным агрохимического обследования пашни в 1983 г. (табл. 17)

17. Потребность пахотных угодий в известковых материалах

Исходное значение рН	зна- Пло- щад кис- лых почв, га	Норма расхода $CaCO_3$ для сдвига рН, т/га		Сдвиг рН	Потребность в $CaCO_3$ на пятилетие, т	Среднее содержание $CaCO_3$ в удобрениях, %	Годовая потребность в известковых материалах, т
		на 0,1	до оптимального значения				
До 4,5	120	0,74	11,1	1,5	1332	80	333
4,6—5	554	0,92	9,2	1	5097	80	1274
5,1—5,5	982	1,2	6	0,5	5892	80	1473
Итого	1656						3080

За оптимальную величину кислотности почв севооборота принималось рН 6. Для нейтрализации 1656 га кислых почв совхозу потребуется 15,4 тыс. т известковых материалов на пятилетку, или 3,08 тыс. т в среднем за год. Очередность известкования полей севооборотов определяет агроном, после чего хозяйство направляет заявку областной станции химизации сельского хозяйства на составление проектно-сметной документации, а затем оформляется договор с районным объединением «Сельхозхимия» на проведение работ по химической мелиорации земель. Расходы по известкованию, как известно, оплачиваются государством за счет операционных средств Госбюджета.

В таблице 18 приведена система удобрений в двух севооборотах совхоза на год их освоения. В полевом севообороте навоз вносится под картофель, в кормовом — под кормовые корнеплоды и озимые хлеба. Дозы минеральных удобрений рассчитаны по выносу элементов питания запланированными урожаями с поправками на плодородие почв и коэффициент действия удобрений. Многолетние травы получают фосфор и калий на весь 2—3-летний период их использования под покровную культуру. На травосмесях с хорошо развитыми бобовыми первые 2 года азот можно не применять или вносить только весной для лучшего выхода трав из зимовки. Многолетние травы (преимущественно злаковые) подкармливают азотом весной в начале вегетации и после каждого укоса. Лучшая форма азота для поверхностного внесения — аммиачная селитра.

Основное внесение фосфорно-калийных удобрений производится под зяблевую вспашку или весной при перепашке зяби. Азот следует вно-

18. Система удобрений в двух севооборотах совхоза по д. в.

Но- мер по- ля	Культура	Пло- щадь, га	Пла- новая уро- жай- ность, ц/га	Основное удобрение	
				под зябрь, пере- пашку зяби	перед посе- вом
Полевой					
1	Овес (зерно) с подсевом многолетних трав	119	35	P ₁₄₃ K ₂₄₆	N ₈₃
	Однолетние травы (зеленый корм) с подсевом многолетних трав	119	160	P ₁₀₃ K ₂₆₀	N ₃₃
2	Многолетние травы (зеленый корм) 1-го года пользования	238	250	—	—
3	Многолетние травы (сено) 2-го года пользования	238	55	—	—
4	Озимая рожь (зерно)	239	30	P ₅₃ K ₄₈	N ₃₈
5	Картофель	239	180	Навоз 50 т K ₆₇	N ₄₀
6	Однолетние травы (зеленый корм)	238	160	P ₄₈ K ₇₃	N ₆₄
7	Озимая пшеница (зерно)	238	36,5	P ₇₃ K ₆₃	—
Кормовой					
1	Однолетние травы (зеленый корм) с подсевом трав	88	160	P ₁₄₃ K ₂₆₀	N ₂₃
2	Многолетние травы 1-го года пользования	88	250	—	—
3	Многолетние травы 2-го года пользования	88	55	—	—
4	Озимые на зеленый корм	36	110	K ₄₅	N ₃₉
	Повторный посев одно- летних трав	53	160	P ₄₈ K ₇₃	N ₆₄
5	Кормовые корнеплоды	53	750	Навоз 50 т P ₅₃ K ₂₃₁	N ₁₈₃
	Озимые на зеленый корм	36	110	Навоз 50 т K ₄₅	—

* Подкормки проводят весной в зависимости от состояния растений.

им. Тельмана Раменского района Московской области, кг/га

Припосевное вне- сение в рядки	Подкормка		Всего удобрений
	прикорневая	поверхностная	
севооборот			
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	—	—	N ₁₀₀ P ₁₆₀ K ₂₆₃
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	—	—	N ₅₀ P ₁₂₀ K ₂₇₇
—	—	N ₃₀	N ₃₀
—	—	N ₃₀ ×2*	N ₆₀
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	N ₄₀	—	N ₉₅ P ₇₀ K ₆₅
N ₁₅ P ₁₅ K ₂₃	N ₃₀	—	Навоз 50 т
			N ₈₅ P ₁₅ K ₉₀
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇			N ₈₁ P ₆₅ K ₉₀
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	N ₄₀	—	N ₁₀₇ P ₉₀ K ₈₀
севооборот			
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	—	—	N ₄₀ P ₁₆₀ K ₂₇₇
—	—	N ₃₀	N ₃₀
—	—	N ₃₀ ×2*	N ₆₀
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	—	—	N ₅₆ P ₁₇ K ₆₂
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	—	—	N ₈₁ P ₆₅ K ₉₀
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	1-я —	—	N ₂₄₃ P ₁₁₃ K ₃₂₃
	N ₁₅ P ₁₅ K ₂₃		
	2-я —		
	N ₃₀ P ₈₀ K ₄₆		
N ₁₇ P ₁₇ K ₁₇	—	—	N ₅₇ P ₁₇ K ₆₂

сить, как правило, перед посевом или посадкой. Под каждую культуру рекомендуется припосевное, локальное удобрение нитрофоской или нитроаммофоской. Для озимых зерновых весьма эффективна прикорневая подкормка азотом рано весной с помощью специальных машин или зерновых сеялок. При этом доза азота корректируется по результатам почвенной диагностики.

Для получения планируемой урожайности по рекомендуемой системе удобрений хозяйству требуется 958 т минеральных туков по д. в., в том числе N — 323 т, P₂O₅ — 149 и K₂O — 342 т, или в пересчете на гектар севооборотной площади (кг): N — 88, P₂O₅ — 67 и K₂O — 95.

По данным агрохимического обследования почв, выявлена высокая потребность хозяйства в микроэлементах. Так, почвы с низким содержанием бора составляют 61 % от площади пашни, молибдена — 91, цинка — 80, кобальта — 68, меди — 16 %.

Для устранения недостатка бора его вносят в почву прежде всего под кормовые корнеплоды, овощные культуры и многолетние травы в дозе 0,5—0,6 кг/га. Недостаток меди устраняют внесением в почву под зерновые культуры, кормовые корнеплоды и овощи по 0,6—1 кг/га удобрений по действующему веществу. Особенно чувствительны к недостатку молибдена однолетние и многолетние травы, зернобобовые и все виды капусты (цветная, брюссельская и кормовая). Расход удобрений для предпосевной обработки — 0,5—0,6 кг на гектарную норму семян, или 0,05—0,1 кг/га молибдена при внекорневой подкормке.

Важнейшим показателем, по которому судят, правильно ли разработана система удобрения в севообороте, является баланс элементов питания.

В приходной части баланса учитывается поступление питательных веществ в почву с органическими и минеральными удобрениями, с семенами и осадками, а также симбиотическая и несимбиотическая фиксация атмосферного азота. Расходная часть баланса состоит из выноса элементов питания урожаем, потерь за счет вымывания и эрозии. При определении баланса фосфора принималась во внимание также степень его закрепления почвой и труднодоступное для растений состояние (табл. 19).

Из данных таблицы 19 видно, что баланс по всем трем элементам положительный. Такое соотношение приходной и расходной части баланса позволит совхозу не только обеспечить запланированный сбор продукции, но и создать условия для дальнейшего повышения содержания питательных веществ в почве.

О реальном плодородии пахотных угодий хозяйства можно судить по результатам агрохимических обследований, которые проводятся раз в 4 года силами областной проектно-изыскательской станции химизации сельского хозяйства. В качестве примера сопоставим средневзвешенные значения основных свойств почв за два последних тура обследования.

	1983 г.	1987 г.
Кислотность (рН солевое)	5,62	5,56
P ₂ O ₅ по Кирсанову, мг/кг	273	258
K ₂ O по Кирсанову, мг/кг	148	137
Гумус, %	1,95	2,07
Насыщенность почв основаниями, %	84,3	81,3

За истекшие 4 года (1983—1987) в почвах хозяйства несколько понизилось содержание подвижного фосфора и обменного калия, наметилось

19. Баланс питательных веществ в двух севооборотах и по

Статьи баланса	Полевой		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Поступление		
Минеральные удобрения	76,2	54,3	85
Органические удобрения	28,2	14,3	28,7
С семенами	2	0,8	1,7
Фиксация атмосферного азота:			
симбиотическая	15,6	—	—
несимбиотическая	5	—	—
с осадками	4	—	—
Всего	131	69,4	115,4
	Отчуждение		
Вынос с урожаем	81,1	24,4	78,5
Вымывание	5,2	—	2,8
Газообразные потери	26,1	—	—
Потери от эрозии	2,7	0,7	6,2
Закрепление фосфора в трудно- доступное состояние	—	21,7	—
Всего	115,1	46,8	87,5
Баланс:			
кг/га	15,9	22,6	27,9
%	114	148	132

подкисление реакции среды. Следовательно, в эти годы недостаточно вносилось фосфорных и калийных удобрений и известковых материалов.

Для обеспечения стабильного производства продукции принципиальное значение приобретает не только количество вносимых питательных ве-

хозяйству в целом, кг/га

Кормовой № 1			В целом по хозяйству		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
в почву					
74,1	56	115	87,8	40,5	93,1
40,4	20,2	40,4	53,3	26,4	53,3
2	0,8	1,7	2	0,8	1,7
21,9	—	—	14	—	—
5	—	—	5	—	—
4	—	—	4	—	—
147,4	77	157,1	166,8	67,7	148,1
из почвы					
83,9	30,4	114,7	87,8	27,1	101,4
5,7	—	3,9	6,5	—	3,4
28,6	—	—	35,2	—	—
2,7	0,7	6,2	2,7	0,7	6,2
—	22,4	—	—	27,1	—
120,9	53,5	124,8	132,2	54,9	111
26,5	23,5	32,3	34,6	12,8	37,1
122	144	126	126	123	133

ществ, но и их содержание и соотношение в почве. Кратко эту проблему можно сформулировать следующим образом: от сбалансированности элементов питания в удобрениях — к сбалансированности содержания питательных элементов в почве.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Стоимость минеральных удобрений и поставка их сельскому хозяйству РСФСР в 1986 г.

Виды и формы удобрений	Цена за 1 т физической массы, руб.*		Поставка, тыс. т физической массы	Цена за 1 т питательных веществ, руб.— коп.	
	навалом	в мешках		навалом	в мешках
1	2	3	4	5	6
Азотные					
Аммиачная селитра	—	70	5310		204—40
Карбамид	102	106	2344	220—32	229—00
Сульфат аммония	47	51	417	223—72	242—76
Сульфат аммония-натрия	25—50	29—50	239	145—90	168—45
Аммиак жидкий	97	—	596	118—34	—
Аммиачная вода	26	—	2557	126—88	—
Фосфорные					
Суперфосфат двойной гранулированный	158	162	1225	342—86	351—54
Суперфосфат простой гранулированный	44	48	204	220—00	240—00
Суперфосфат простой порошковый	39	—	214	205—14	—
Борный суперфосфат простой гранулированный	51	—	79	255—00	—
Преципитат	57	—	8	150—00	—
Тройной гранулированный суперфосфат (импортный)	150	154	681	350—00	358—82
Фосфоритная мука	22—33,5	—	3659	110—00 108—00	— —

Продолжение

1	2	3	4	5	6
Калийные					
Хлористый калий 40%-ная калийная соль	37	41	4220	63—64	70—52
Сульфат калия	13,6	—	534	34—00	—
Калимагnezия	170	174	121	368—90	377—58
Хлоркалий-элект- ролит	79,8	97,9	108	284—90	350—00
	6,9	9,4	58	17—90	24—40
Сложные					
Аммофосфат	195	—	221	374—40	—
Аммофос	233,5	237,5	2677	408—63	415—63
Нитрофос	105	109	6	227—85	236—53
Нитроаммофос	149	—	1161	341—21	—
Диаммофос	221	—	323	353—60	—
Нитрофоска	61	65	1540	109—93	203—45
Нитроаммофоска	126	—	207	239—40	—
Диаммофоска	152	—	824	252—32	—
Азофоска	110	115	1419	228—80	239—20
Кристаллин	287	—	27	622—80	—
ЖКУ	177	—	964	401—79	—

* Оптовая цена на удобрения, установленная для предприятий Госагропрома с 1 января 1988 г.

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Степная зона	51	18	20	13	—	—	—	—	—	—	—	—
Сухостепная зона	55	19	21	15	—	—	—	—	—	—	—	—
Уральский район	—	—	—	—	97	32	35	30	93	33	37	33
Лесолуговая зона	—	—	—	—	102	34	36	32	103	37	37	29
Лесостепная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	94	35	33	26
Степная зона	—	—	—	—	87	29	33	25	90	31	98	21
Западно-Сибирский район	—	—	—	—	59	19	24	16	73	24	32	17
Лесолуговая зона	—	—	—	—	67	24	27	16	107	37	36	34
Лесостепная зона	—	—	—	—	47	13	18	16	71	26	29	16
Степная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	59	21	26	12
Восточно-Сибирский район	—	—	—	—	—	—	—	—	100	39	34	27
Лесостепная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	102	40	35	27
Степная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	98	36	34	29
Дальневосточный район	—	—	—	—	—	—	—	—	78	27	35	16

Экономический район. Природно-климатическая зона	Ячмень						Овес						Лен (волокно) и кукуруза на зерно					
	NPK		N P		K		NPK		N P		K		NPK		N P		K	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	69	26	25	18	72	29	26	17	339	68	137	134						
РСФСР	98	35	36	27	72	29	14	19	292	65	114	113						
Северный и Северо-Западный районы	84	32	28	24	105	38	37	30	356	64	145	147						
Центральный район	—	—	—	—	—	—	—	—	17,5	5,5	5,6	6,4						
Лесолуговая зона	—	—	—	—	—	—	—	—	13,7	4,6	4,4	4,7						
Лесостепная зона	81	26	28	27	97	35	34	28	16,9	5,5	5,6	5,8						
Волго-Вятский район	90	31	32	27	83	36	32	21	—	—	—	—						
Лесолуговая зона	60	21	20	19	—	—	—	—	51*	20	17	14						
Лесостепная зона	58	21	19	18	—	—	—	—	59*	26	20	13						
Центрально-Черноземный район	67	23	22	22	—	—	—	—	45*	15	15	15						
Лесостепная зона	45	15	20	10	—	—	—	—	—	—	—	—						
Поволжский район	79	28	26	25	57	26	22	9	—	—	—	—						
Лесостепная зона	35	11	18	6	—	—	—	—	—	—	—	—						
Степная зона	71	27	27	17	—	—	—	—	39*	14	14	11						
Северо-Кавказский район	—	—	—	—	—	—	—	—	40*	15	13	12						
Лесостепная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	39*	14	15	16						
Степная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
Уральский район	—	—	—	—	96	34	34	28	393	98	164	131						

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Лесолуговая зона	78	36	25	17	114	41	40	33	—	—	—	—
Лесостепная зона	67	27	25	15	73	24	27	22	—	—	—	—
Западно-Сибирский район	70	22	28	20	51	19	20	12	247	55	106	86
Лесолугавая зона	74	21	32	21	56	21	21	14	—	—	—	—
Лесостепная зона	68	25	23	20	53	20	20	13	—	—	—	—
Степная зона	70	17	33	20	41	14	19	8	—	—	—	—
Дальневосточный район	64	27	28	9	—	—	—	—	117**	33	68	16
Восточно-Сибирский район	76	30	25	21	67	32	27	8	—	—	—	—
Подтайга и лесостепь	73	29	24	20	57	28	22	7	—	—	—	—
Степная зона	103	41	26	36	114	47	47	20	—	—	—	—

* Кукуруза на зерно.

** Соя.

Жономический район. Природно-климатическая зона	Сахарная свекла					Подсолнечник					Картофель						
	NPK		NPK		NPK		NPK		NPK		NPK		NPK		NPK		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
РСФСР	13,6	4,7	4,6	4,3	5,9	21	29	9	16,1	5,3	5,2	5,6					
Северный и Северо-Запад- ный районы	—	—	—	—	—	—	—	—	15,4	5,3	4,7	5,4					
Центральный район	23,2	8,6	6,8	7,8	5,9	21	30	8	16,4	5,3	5,2	5,9					
Лесолуговая зона	—	—	—	—	—	—	—	—	17,5	5,5	5,6	6,4					
Лесостепная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	13,7	4,6	4,4	4,7					
Волго-Вятский район	—	—	—	—	—	—	—	—	16,9	5,5	5,6	5,8					
Лесолуговая зона	—	—	—	—	—	—	—	—	17,5	5,8	5,7	6					
Лесостепная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	15,2	4,7	5,2	5,3					
Центрально-Черноземный район	14,7	5	4,9	4,8	—	—	—	—	14	4,7	4,7	4,6					
Лесостепная зона	14,8	5,1	4,9	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—					
Степная зона	13,7	4,6	4,7	4,4	—	—	—	—	—	—	—	—					
Поволжский район	15,9	5,3	5,3	5,3	9,0	25	40	25	14,4	4,9	4,6	4,9					
Лесостепная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	14	4,7	4,4	4,9					
Степная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	17,7	6,5	6,1	5,1					
Северо-Кавказский район	9,1	3,6	3,3	2,2	4,7	19	24	4	10,4	3,7	3,1	3,6					
Уральский район	15,9	5,3	5,3	5,3	—	—	—	—	14,2	4,7	4,5	5					
Лесолуговая зона	—	—	—	—	—	—	—	—	15,2	5	4,7	5,5					
Лесостепная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	13,6	4,9	4,4	4,3					
Западно-Сибирский район	12	3,3	5	3,7	7,0	28	42	—	12,8	3,9	4,7	4,2					

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Лесолуговая зона	—	—	—	—	—	—	—	—	11,1	4,1	3,4	3,6
Лесостепная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	12,8	4	4,1	4,4
Степная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	13,3	3,8	5,5	4
Восточно-Сибирский район	—	—	—	—	—	—	—	—	11,6	4,6	3,7	3,3
Подтайга и лесостепь	—	—	—	—	—	—	—	—	11,4	4,5	3,5	3,4
Степная зона	—	—	—	—	—	—	—	—	13,2	4,8	4,7	3,7
Дальневосточный район	—	—	—	—	—	—	—	—	18	6,1	6	5,9

СОДЕРЖАНИЕ

РОЛЬ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	3
АССОРТИМЕНТ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	8
Азотные удобрения	8
Фосфорные удобрения	19
Калийные удобрения	27
ПРАВИЛА СМЕШИВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	32
ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ	35
СПОСОБЫ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	38
Основное внесение удобрений	38
Рядковое внесение удобрений	55
Подкормки	60
РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ В УДОБРЕНИЯХ	65
СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ В СЕВОБОРОТАХ	76
ПРИЛОЖЕНИЯ	86

Производственное издание

**Петербургский Александр Васильевич
Смирнов Анатолий Петрович**

МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Библиотечка агрохимических знаний

Зав. редакцией Л. Л. Самолук
Редактор Г. И. Туткевич
Художественный редактор И. Р. Обросков
Обложка художника И. Р. Оброскова
Технические редакторы Т. Н. Каждан, И. Е. Курносенко
Корректор А. В. Садовникова

ИБ № 2930

Сдано в набор 06.10.88. Подписано в печать 10.03.89. Л19596. Формат 70×100¹/₃₂. Бумага офс. № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,87. Усл. кр.-отт. 4,03. Уч.-изд. л. 3,81. Тираж 60 000 экз. Заказ № 1342. Изд. № 1197. Цена 15 коп.

Росагропромиздат, 117218, Москва, ул. Кржижановского д. 15, корп. 2

Книжная фабрика № 1 Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 144003, г. Электросталь Московской области, ул. им. Тевосяна, 25.

библиотечка агрохимических знаний

Брошюры библиотечки рассказывают о применении минеральных, органических, известковых удобрений и других средств химизации в условиях различных почвенно-климатических зон РСФСР под основные сельскохозяйственные культуры, а также о механизации приготовления, внесения и особенностях их хранения. Освещают организационные вопросы агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства. Обобщают передовой опыт колхозов и совхозов по эффективному использованию средств химизации при внедрении интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.