

Н. Г. Жежель, Е. И. Пантелеева

# АГРОХИМИЯ



631.8

Ж 43

УДК 63:54] (075.8)

- Ж 43 **Жежел Н. Г. и Пантелеева Е. И.**  
Агрохимия. Учебник для с.-х. техникумов. Изд. 2-е,  
перераб. и доп. Л., «Колос», Ленингр. отд-ние,  
1972.

288 с. с ил. 50 000 экз. 73 коп.

Учебник содержит материалы теоретического курса и лабораторно-практических занятий. В нем излагаются общие вопросы химизации земледелия, теоретические основы применения удобрений. Значительное внимание уделено системе удобрения, удобрению отдельных культур и использованию агрохимических картограмм.

Ж 43 0436-3 266-73  
035(01)-72

631.8

**Николай Григорьевич Жежел,**  
**Елена Ивановна Пантелеева**

### **АГРОХИМИЯ**

Л., отделение издательства «Колос», 1972.  
288 с, с ил. (Учебники и учебные пособия для средн. с.-х. учебн. заведений).

Редактор Г. А. Пенькова,  
Художественный редактор О. П. Андреев,  
Технические редакторы Л. Б. Резникова и Э. Л. Фридман,  
Корректоры Л. И. Смагина и Е. М. Носкова,

Сдано в набор 3/VI 1972 г. Подписано к печати 31/X 1972 г. М-58005. Формат 60×90<sup>1/16</sup>.  
Бумага тип. № 3. Печ. л. 18. Уч.-изд. л. 19,16. Тираж 50 000 экз. Цена 73 коп.  
Заказ № 6324.

Отделение ордена Трудового Красного Знамени издательства «Колос»,  
191186. Ленинград. Невский пр., 28.

Смоленская областная типография им. Смирнова Смолблуправления  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,

г. Смоленск, пр. им. Ю. Гагарина, 2.

## ХИМИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы предусматривается увеличить среднегодовой объем производства сельскохозяйственной продукции по сравнению с предшествующим пятилетием на 20—22%, обеспечив более полное удовлетворение возрастающих потребностей населения в продуктах питания и промышленности в сырье. Решающим условием выполнения этой задачи является всемерное укрепление материально-технической базы сельского хозяйства, последовательное осуществление курса на его интенсификацию путем химизации, комплексной механизации земледелия и животноводства, широкой мелиорации земель.

Вести хозяйство интенсивно — это значит широко использовать достижения науки и передового опыта для того, чтобы получать больше зерна, мяса, молока и других продуктов при наименьших затратах труда и средств на единицу продукции.

В. И. Ленин отмечал, что интенсификация земледелия количественно характеризуется применением удобрений и машин. По этому поводу он писал: «Данные о расходах на удобрение и о стоимости орудий и машин служат самым точным статистическим выражением степени интенсификации земледелия»\*.

В решении проблемы интенсификации сельского хозяйства, создания изобилия продуктов земледелия и животноводства большое значение имеет химизация сельского хозяйства и в первую очередь широкое применение удобрений.

Производство минеральных удобрений в дореволюционной России стояло на очень низком уровне. В 1913 г. (накануне первой мировой войны) оно составляло только 89 тыс. т. В годы войны их выпускалось еще меньше.

Восстановление и дальнейшее развитие отечественной химической промышленности, осуществленные за годы Советской власти, обеспечили быстрый рост производства удобрений. Уже в 1928 г. был почти в два раза превышен дореволюционный уровень. В 1950 г. было произведено 5 млн. 497 тыс. т минеральных удобрений. Это позволило удовлетворить первоочередную потребность СССР в них и выделить часть минеральных удобрений для поставки социалистическим странам.

\* В. И. Ленин. Сочинения, т. 27, 5-е изд., 1962, стр. 159—160.

В 1960 г. в СССР было произведено 13,8 млн. т (в стандартных туках), из которых поставлено сельскому хозяйству 11,4 млн. т. Около 2,5 млн. т минеральных удобрений отправлено в зарубежные социалистические страны\*.

В 1965 г. было произведено уже 31,3 млн. т минеральных удобрений, в 1970 г. — 55,4 млн. т, в 1971 г. — 61,4 млн. т.

Директивами XXIV съезда КПСС намечено довести в 1975 г. поставки минеральных удобрений сельскому хозяйству до 72 млн. т при общем их производстве 90 млн. т. Предварительные расчеты показывают, что для обеспечения дальнейшего прироста сельскохозяйственной продукции химическая промышленность в 1980 г. должна довести выпуск минеральных удобрений примерно до 150 млн. т. Одновременно с резким увеличением производства общего количества удобрений значительно расширяется и их ассортимент и повышается качество.

По мере ввода в эксплуатацию новых химических предприятий будут поставляться сельскому хозяйству в большом количестве двойной суперфосфат, обесфторенный фосфат, известково-аммиачная селитра, мочевины, высокопроцентные комплексные удобрения, бесхлорные калийные удобрения, жидкие азотные удобрения и новые виды микроудобрений.

В общем объеме производства минеральных удобрений высококачественные концентрированные и комплексные удобрения к концу пятилетки должны составлять примерно 80%. Среднее содержание питательных веществ повысится до 35—37%.

Наряду с применением минеральных удобрений химизация земледелия предусматривает обязательное широкое использование различных местных органических удобрений и биологического азота, накапливаемого азотфиксирующими микроорганизмами, живущими в почве свободно или в симбиозе с растениями.

В настоящее время в СССР используется на удобрения более 400 млн. т навоза и торфа. По расчетам Министерства сельского хозяйства СССР, в ближайшие годы производство и применение органических удобрений можно довести до 650—700 млн. т.

Большое внимание к органическим и минеральным удобрениям объясняется высокими прибавками урожая от их применения и экономической выгодностью. Общеизвестно, что удобрения при правильном их применении повышают урожай любых сель-

---

\* В СССР количество различных минеральных удобрений принято выражать в единицах условных стандартных туков. Для азотных удобрений за стандарт принято удобрение с содержанием чистого азота ( $N_2$ ) 20,5%, что примерно соответствует содержанию азота в сульфате аммония. За стандарт для различных растворимых фосфорных удобрений принято считать удобрение с содержанием фосфорного ангидрида ( $P_2O_5$ ) 18,7%, что примерно соответствует среднему содержанию усвояемого фосфора в простом суперфосфате. Фосфоритная мука должна содержать не менее 19%  $P_2O_5$ . Для пересчета различных калийных удобрений за стандартную единицу принято удобрение с содержанием окиси калия ( $K_2O$ ) 41,6%, что примерно соответствует содержанию калия в 40%-ной калийной соли.

скохозяйственных культур во всех почвенно-климатических зонах. Так, например, по многочисленным данным научных учреждений и передовых хозяйств нечерноземной полосы, можно считать, что средние дозы навоза и минеральных удобрений (НРК) обеспечивают следующие средние прибавки урожая (табл. 1).

Таблица 1

Прибавки урожая различных сельскохозяйственных культур, полученные от внесения средних доз навоза и минеральных удобрений

Культуры	Прибавки урожая (ц/га)		Культуры	Прибавки урожая (ц/га)	
	от навоза	от минеральных удобрений		от навоза	от минеральных удобрений
Зерновые . . . . .	6—7	6—8	Капуста . . . . .	70—80	100—120
Картофель . . . . .	60—70	50—60	Силосные . . . . .	150—200	150—200

Обычно более высокие прибавки урожая (при любой затрате удобрений) получаются от совместного внесения органических и минеральных удобрений.

Прибавки урожая на 1 т действующего вещества минеральных удобрений (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O) приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Прибавки урожая сельскохозяйственных культур на 1 т действующего вещества минеральных удобрений

Культуры	Продукция	Прибавки урожая (т)		
		от азота (N)	от фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	от калия (K <sub>2</sub> O)
Озимые пшеница и рожь	Зерно . . . . .	12—15	7—8	3—4
Картофель	Клубни . . . . .	100—120	50—60	40—50
Лен	Волокно . . . . .	1,5—2,5	1,2—2,0	0,9—1,5
Сахарная свекла	Корнеплоды . . . . .	120—140	55—60	40—50
Хлопчатник	Хлопок (сырец) . . . . .	10—12	5—6	2

Приведенные в табл. 2 показатели надо понимать так: 1 т азота (N) в азотных удобрениях дает прибавку 12—15 т зерна, 100—120 т картофеля, 1,5—2,5 т льноволокна, 120—140 т сахарной свеклы или 10—12 т хлопка-сырца; 1 т пятиоксида фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в фосфорных удобрениях обеспечивает прибавку урожая 7—8 т зерна, 50—60 т клубней картофеля и т. д.

Эффективность отдельных видов минеральных удобрений в зависимости от почвенно-климатических условий изучалась на территории СССР в нескольких тысячах полевых опытов. Было выяснено, что значение различных удобрений по зонам неодинаково. Действие удобрений связано со степенью обеспеченности различных типов почв усвояемыми для растений питательными

веществами, с количеством атмосферных осадков и температурными условиями.

Средние данные о повышении урожайности при высоких дозах удобрений, по данным географической сети опытов, приводятся в табл. 3.

Таблица 3  
Среднее повышение урожайности на различных почвах СССР  
(по данным 3808 полевых опытов НИУИФ)

Почвы	Процент повышения урожая от удобрений		
	азотных	фосфорных	калийных
Подзолистые суглинки . . . . .	80	56	27
Серые лесные . . . . .	63	27	18
Черноземы: деградированные и выщелоченные . . . . .	55	44	15
мощные . . . . .	51	24	15
обыкновенные . . . . .	25	16	7

В 1941 г. Всесоюзным институтом удобрений и агропочвоведения (ВИУА) была создана широкая географическая сеть опытов с удобрениями. С 1964 г. в проведение географических опытов включились более 190 зональных агрохимических лабораторий (ЗАЛ), организованных в различных республиках и областях СССР. Только за первые 5 лет работы (1965—1969 гг.) зональные агрохимические лаборатории осуществили около 22 000 опытов.

По усредненным данным очень большого числа опытов, проведенных учреждениями географической сети в различных зонах, эффективность минеральных удобрений, выраженная прибавками сельскохозяйственной продукции на 1 ц стандартных туков, составляет: по зерну — от 1,1 до 1,4 ц, льну-долгунцу — от 0,2 до 0,3, картофелю — от 6,6 до 10, сахарной свекле — от 4,4 до 7,8, хлопчатнику — от 0,6 до 1, кукурузе на силос — от 9 до 11 и клеверу на сено — около 5 ц.

На основании полученных географической сетью экспериментальных материалов об эффективности форм, доз и способов внесения удобрений в ВИУА разработана, а Всесоюзной академией сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина (ВАСХНИЛ) одобрена программа химизации земледелия на ближайшую перспективу.

Опыт передовых хозяйств и отдельных бригад показывает, что правильное применение удобрений в сочетании с другими приемами агротехники обеспечивает высокий урожай сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических и производственных условиях.

В настоящее время не только на кубанских и украинских черноземах, но также на различных почвах Башкирии, Эстонии, Латвии, Литвы, Ленинградской, Московской и других областей в тех хозяйствах, где вносят достаточное количество удобрений, урожайность зерновых культур от 25 до 40 и даже до 50 ц с 1 га стала обычным явлением.

В районах недостаточного или в годы неустойчивого увлажнения эффективность удобрений сильно повышается при орошении. Так, например, по данным опытов Волжского института гидротехники и мелиорации, урожай зерна озимой пшеницы в среднем составлял: без орошения и удобрений — 10,9 ц, при орошении без удобрений — 31,7, при орошении с применением удобрений 46,9 ц с 1 га.

По данным 30 опытов Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, урожай зерна пшеницы сорта Безостая 1 на орошаемом удобренном участке в среднем составлял 38,6 ц, а при внесении удобрений — 50,2 ц с 1 га, т. е. был на 11,6 ц, или на 30% больше. В ряде опытов прибавка урожая достигала 15—20,5 ц с 1 га, или 39—46%.

В колхозе «Луч Востока» Алма-Атинской области при влагозарядковом поливе (1200—1500 м<sup>3</sup> воды на 1 га) на 17 га удобренной почвы был получен урожай зерна пшеницы Безостая 1 по 72 ц с 1 га.

Передовики сельскохозяйственного производства, добившиеся рекордных урожаев картофеля, применяли удобрения в большом количестве. Это видно из табл. 4, составленной по опубликованным в периодической печати данным.

Таблица 4

Применение удобрений на участках высокой урожайности картофеля

Внесено на 1 га	Урожай клубней (ц/га)	Область, где выращен урожай
40 т навоза, 20 т осадка сточных вод, 20 т торфа, 18 ц минеральных удобрений . . . . .	604	Московская
50 т навоза, 19 ц минеральных удобрений . . . . .	773	Тульская
15 т навоза, 8 ц птичьего помета, 11,5 ц минеральных удобрений . . . . .	1217	Новосибирская
60 т навоза, 22 ц минеральных удобрений . . . . .	1285	Житомирская

Минеральные удобрения при правильном применении не только полностью окупают все расходы, связанные с их использованием, но и приносят чистый денежный доход.

По расчетам ВИУА, чистый доход на 1 га в зависимости от удобряемой культуры составляет десятки и сотни рублей (табл. 5).

Таблица 5

Экономическая эффективность минеральных удобрений (НРК)

Культуры	Количество удобрений (ц/га)	Средняя прибавка урожая (ц/га)	Условный чистый доход (руб. на 1 га)
Зерновые . . . . .	4,5	8,0	33,7
Сахарная свекла . . . . .	9,5	70,0	81,8
Картофель . . . . .	5,5	60,0	180,6
Хлопчатник . . . . .	11,2	10,0	215,1
Лен-долгунец . . . . .	6,7	1,5	271,4
Плодово-ягодные . . . . .	5,5	15,0	306,3
Овощные . . . . .	6,9	80,0	455,2
Виноградники . . . . .	6,6	20,0	536,3
Табак . . . . .	7,5	5,0	599,2

В. Д. Панников, исходя из практики мелиорации и применения удобрений, приводит такие данные: если капиталовложения на осушение 1 га земли путем закрытого дренажа составляют около 400—500 руб., а на орошение — 2500—3500 руб., то капиталовложения в химическую промышленность для обеспечения 1 га посевной площади полным минеральным удобрением (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) колеблются от 50 до 60 руб. Кроме того, все расходы, связанные с применением удобрений на полях, окупаются полностью за 1—1,5 года. Это подчеркивает экономическую эффективность сочетания мелиорации и химизации земледелия.

Конечно, прибавки урожая по отдельным культурам и экономическая эффективность могут отклоняться от приведенных выше средних показателей. Это зависит от выбора форм, доз, времени и способа внесения удобрений для каждой культуры, а также от ряда сопутствующих условий, из которых особенно большое значение имеет комплекс агротехнических приемов. Можно с уверенностью утверждать, что чем выше общий уровень агротехники (обработка почв, посев, уход за посевами и т. п.), тем выше эффективность удобрений.

Однако высокая эффективность удобрений возможна только в том случае, если их применяют на основе глубокого понимания теоретических основ химизации земледелия. Агрохимия — это теория и практика применения удобрений, изучению которых необходимо уделить самое серьезное внимание. Следует иметь в виду, что безграмотное применение удобрений с нарушением определенных научно-практических основ не только не дает ожидаемого положительного результата, но может привести к снижению урожая, экономической невыгодности или ухудшению качества продукции.



## ПОНЯТИЕ ОБ АГРОХИМИИ

Современной научной основой применения удобрений является агрохимия (агрономическая химия). Она охватывает главнейшие вопросы химии в сельском хозяйстве и вместе с химической защитой растений служит основой химизации земледелия.

В самом кратком определении агрохимия — это наука, изучающая питание растений и применение удобрений в целях повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Агрохимия предусматривает также вопросы повышения плодородия почв.

Агрохимия изучает взаимоотношения между растением, почвой и удобрениями в процессе питания сельскохозяйственных культур. Д. Н. Прянишников так определял задачи и сущность этой науки: «Задачей агрохимии является изучение круговорота веществ в земледелии и выявление тех мер воздействия на химические процессы, протекающие в почве и растении, которые могут повышать урожай или изменять его состав. Главным способом вмешательства в этот круговорот является применение удобрений».

Развитие агрономической химии протекало под влиянием химии, физики и различных областей биологии, из которых наибольшее значение имел раздел физиологии растений о корневом питании.

Подводя итоги развития научного земледелия за все предшествующие 19 столетий, К. А. Тимирязев писал: «Земледелие стало тем, что оно есть, только благодаря агрономической химии и физиологии растений».

Агрохимия тесно связана с почвоведением, растениеводством, метеорологией, общим земледелием в современном его определении и с другими дисциплинами.

Учение о питании растений в древние и средние века было крайне примитивным, а рекомендации по применению удобрений носили странный характер. Так, например, мергель или перегной рекомендовалось вносить по фазам луны. Даже в XVII и XVIII веках имели место наивные и ошибочные представления о том, что растения питаются водой (Гельмонт), распыленной почвой (Жетро Тулль), водой и воздухом, жирной субстанцией гумуса, или перегноем (Валлериус, Тэер) и т. п.

Правильные представления о сущности питания растений с трудом пробивали путь в теорию и практику применения удобрений.

Большое значение в развитии агрохимии имели работы Буссенго (1834), обратившего внимание на первостепенное значение азота в земледелии, и Либиха (1840), предложившего

теорию минерального питания растений и возврата в почву в форме минеральных удобрений взятых растениями питательных веществ.

Усилиями ученых всего мира постепенно выяснилось, чем и как питаются растения. Только в 1859 г. Кнопю и Саксу, работавшим в разных местах, одновременно удалось приготовить такие искусственные питательные смеси солей, которые позволили вырастить в воде растения до полного их созревания. Это было доказательством правильности основных представлений о питании растений.

В развитии агрохимии особенно большое значение имели работы русских ученых. Так, М. В. Ломоносов (1711—1765) наряду с разработкой основ химии уже указывал на необходимость организации опытного поля с наличием различных почвенных условий, а И. И. Комов (1750—1792) был горячим сторонником изучения питания растений, механического и химического анализов почв, приготавливал компосты и дал первые рекомендации по применению сыромолотого известняка.

А. Т. Болотов (1738—1833) разрабатывал вопросы удобрения почв, особенно органическими удобрениями. Его указания о хранении навоза в специальных навозохранилищах, в уплотненных кучах остаются правильными и до настоящего времени.

Работы А. Н. Энгельгардта (1832—1893) по применению извести, фосфоритов, калийных удобрений и сидератов, Д. И. Менделеева (1834—1907), который занимался разработкой технологии производства удобрений, методов химического анализа почв для оценки их плодородия и был организатором первых опытов с удобрениями в Петербургской, Московской, Смоленской и Симбирской губерниях (1867), классические работы К. А. Тимирязева (1843—1920) по фотосинтезу и минеральному питанию растений, К. К. Гедройца (1872—1932) по химии почв и их взаимодействию с удобрениями и ряд других работ русских ученых оказали неоценимую услугу в создании научных основ питания растений и применения удобрений.

Основоположником отечественной агрохимии по праву считается Д. Н. Прянишников. (1865—1948).

Главным путем в повышении плодородия почв, урожайности и сбора зерна Д. Н. Прянишников считал увеличение производства навоза, минеральных удобрений и посевов бобовых культур, имеющих большое значение в обогащении почв азотом.

В агрохимии трудно найти такой вопрос, который не был бы освещен в трудах Д. Н. Прянишникова. Литературное наследие его насчитывает более 550 научных работ по вопросам питания растений, действию удобрений, их практическому применению и ряду других важнейших вопросов сельскохозяйственной науки.

Д. Н. Прянишников не только глубоко критически обобщил результаты работ ученых многих стран, но и сам выполнил очень большое количество ценных оригинальных исследований.

Его учебник «Агрохимия» до сего времени остается настольной книгой для научных работников, студентов и практических работников сельскохозяйственного производства не только в СССР, но и в зарубежных странах.

В настоящее время вопросы теории и практики применения удобрений решаются на основе агрохимического учения Д. Н. Прянишникова, дополненного современными достижениями науки и опытом работы передовых колхозов и совхозов. Изучение, использование и дальнейшее развитие этих основ является одной из главных научно-теоретических задач современной агрохимии.

Для практического применения удобрений на научных основах, широкой пропаганды агрохимических знаний, подготовки кадров и проведения научных исследований в СССР в настоящее время создана система государственной агрохимической службы. В эту систему входят управления по химизации сельского хозяйства, научно-исследовательские учреждения, вузы и техникумы, готовящие специалистов-агрохимиков, зональные и областные агрохимические лаборатории, производственные лаборатории колхозов и совхозов и т. д. Агрохимическая служба предполагает, что каждый агроном обязан знать основы агрохимии.



Герой Социалистического Труда  
академик Д. Н. Прянишников.

#### Вопросы для самопроверки

1. Какая связь между интенсификацией и химизацией сельского хозяйства?
2. Производство минеральных удобрений в СССР.
3. Какое значение имеют органические и минеральные удобрения в повышении урожайности сельскохозяйственных культур?
4. Что такое агрохимия? Роль акад. Д. Н. Прянишникова в развитии этой науки.
5. Какие задачи в теории и практике применения удобрений решает агрохимия как научная основа химизации земледелия?
6. Какие учреждения в СССР проводят географические опыты с удобрениями?
7. Что такое система агрохимической службы?

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФАКТОРАХ РОСТА И СОСТАВЕ РАСТЕНИЙ

Практика приготовления и применения удобрений основывается на глубоком понимании физиологических и биохимических процессов, которые происходят при взаимодействии растений с почвами и удобрениями. В связи с этим направление в агрономической химии, развитое Д. Н. Прянишниковым, называется физиолого-биохимическим.

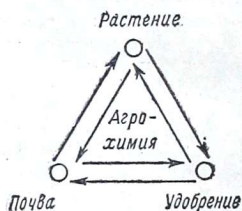


Рис. 1. Схема взаимодействия растения, почвы и удобрения.

При взаимодействии растений и почвы последняя оказывает влияние на растение содержащимися в ней элементами питания и другими свойствами, но и растение в свою очередь поглощением питательных веществ, корневыми выделениями, отложением органических остатков, механическим и биохимическим воздействием оказывает влияние на почву, ее свойства.

Удобрение является сильным средством изменения в растении характера обмена веществ и всех жизненных процессов, но в то же время физические и химические свойства удобрения изменяются под воздействием растения. Точно так же при взаимодействии почвы и удобрения, с одной стороны, изменяются свойства почвы, ее кислотность или щелочность, содержание питательных веществ, деятельность микроорганизмов и т. п., а, с другой стороны, под влиянием почвы в удобрении изменяются растворимость и доступность растению элементов питания и т. п.

Эта сложная взаимосвязь между тремя главными объектами, изучаемая агрохимией, графически представляется в форме треугольника (рис. 1).

Изучение взаимодействия между растением, почвой и удобрением прежде всего направлено на обеспечение нормального питания, являющегося одним из важнейших факторов жизни растений. Известно, что для нормального роста и развития растениям необходимы вода, воздух, свет, тепло и питательные вещества. Все эти факторы играют исключительно важную роль в жизни растений. Однако при выращивании сельскохозяйственных растений в естественных условиях чаще всего приходится

сталкиваться с недостатком элементов питания в северных районах и недостатком элементов питания и воды в южных районах СССР. Таким образом, и в том и в другом случае фактором, ограничивающим получение высокого урожая, может быть корневое питание растений. Изменения в корневом питании приводят к различию в росте растений, а в итоге к неодинаковой величине урожая и разному качеству получаемой продукции.

Растения состоят из воды и сухого вещества. В различных растениях и их частях соотношение этих компонентов подвержено довольно сильным колебаниям. Так, например, в семенах подсолнечника, льна, хлебных злаков и клеверины сухое вещество составляет 86—95% при содержании воды от 5 до 14%, а в клубнях картофеля, корнеплодах, зеленой массе люпина и гороха, плодах огурцов и томатов содержание сухого вещества колеблется в пределах от 4 до 25% при содержании воды 75—96%.

Сухое вещество растения, которое, естественно, представляет большой интерес при сборе урожая, состоит из органических и минеральных соединений. На долю органических соединений приходится до 80—95% от общего количества сухого вещества. Главными органическими соединениями, входящими в состав растительной массы, являются белки, жиры и углеводы. Наличие в растениях тех или других органических соединений имеет большое практическое значение, так как определяет качество урожая. Таким хозяйственно важным признаком для хлебных злаков является количество белка, для картофеля — крахмала, для сахарной свеклы — сахара, для масличных культур — жира и т. п.

Поскольку эти сложные органические соединения образуются в растениях из простых веществ — воды, углекислого газа и минеральных солей, содержащих азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо, серу и другие элементы, — правильным применением удобрений можно направленно изменять качество сельскохозяйственной продукции.

В растениях найдено более 70 химических элементов, и можно полагать, что и другие элементы, хотя и в очень незначительном количестве, могут входить в состав растений. Если они еще не обнаружены, то только потому, что входят в растения в чрезвычайно малом количестве и существующие методы их определения еще недостаточно совершенны.

В среднем растения содержат 45% углерода, 42% кислорода, 6,5% водорода и 1,5% азота. При сжигании растений углерод, водород, кислород, сера и азот полностью или большей частью улетучиваются в виде углекислого газа, паров воды и некоторых других соединений. Остальные химические элементы, входящие в состав растений, переходят при сжигании главным образом в форму окислов: фосфора ( $P_2O_5$ ), калия ( $K_2O$ ), кальция ( $CaO$ ), магния ( $MgO$ ) и др. Они остаются в золе, поэтому

их называют зольными элементами. В среднем большинство растений содержат около 5% золы.

Азот, фосфор, калий, кальций, магний и железо содержатся в растениях в относительно большом количестве (от долей до нескольких процентов общего веса сухой массы) и называются макроэлементами. Бор, марганец, медь, цинк, кобальт, молибден и некоторые другие элементы находятся в растениях в значительно меньшем количестве (от сотых до тысячных долей процента), и их называют микроэлементами. Наконец, цезий, рубий, кадмий, стронций и другие элементы содержатся в исключительно малом количестве (от  $10^{-12}$  до  $10^{-6}\%$ ) и называются ультрамикроэлементами.

Все элементы выполняют в растениях определенные функции. К сожалению, значение многих элементов в жизни растений изучено еще недостаточно полно.

В растениях непрерывно идут процессы синтеза и распада, которые принято называть обменом веществ. Преобладание синтеза над распадом позволяет создавать урожай, что и является целью возделывания сельскохозяйственных культур. Но синтез невозможен без непрерывного притока ряда веществ, которые поступают в растение или через корни из почвы, или поглощаются листьями из атмосферы. В связи с этим различают воздушное и корневое питание растений.

Воздушное питание растений представляет собой главным образом углеродное питание, которое осуществляется в процессе фотосинтеза. Сущность этого процесса состоит в том, что в зеленых листьях растений из углекислого газа, поступающего из воздуха, и воды, поступающей из почвы, под влиянием солнечных лучей происходит поглощение и связывание углерода в форме углеводов и других соединений, в том числе и таких сложных соединений, как белки. Методом меченых атомов установлена возможность усвоения углерода и через корневую систему.

Установлено также, что нанесенные на листья водные растворы солей, содержащих азот, фосфор, калий и другие элементы питания, быстро проникали в растения и вступали в обмен веществ. Способность растений поглощать воду и растворенные в ней вещества через листья нашла свое отражение в практике применения внекорневых подкормок сельскохозяйственных культур. Однако в обычных природных условиях главным путем поступления в растения воды, азота и зольных элементов является корневое питание.

### КОРНЕВОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Проблема корневого питания растений принадлежит к числу наиболее сложных в агрономической науке. По современной теории, растения питаются почти исключительно неорганиче-

скими, т. е. минеральными соединениями. Очень немногие органические соединения (аминокислоты, аспарагин, фитин и некоторые другие) могут использоваться растениями, но наличие их в почве невелико, и они не имеют существенного практического значения.

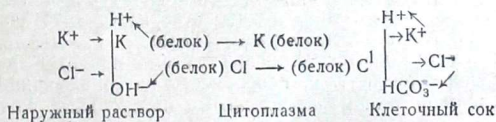
Наиболее распространенной теорией поступления питательных веществ в растения через корни является так называемая адсорбционная теория.

Взаимодействие растений с почвой осуществляется через корневую систему.

Активную роль в поступлении питательных веществ в клетки корня играет цитоплазма. Белковые вещества цитоплазмы имеют в своем составе как кислотные, так и основные группы. Наличие таких групп приводит к тому, что в поверхностном слое цитоплазмы (плазмолемме) возникают положительно и отрицательно заряженные участки. Отрицательно заряженные участки имеют во внешнем слое ионы водорода ( $H^+$ ), способные обмениваться на другие катионы питательной среды. Положительно заряженные участки во внешнем слое имеют гидроксильные ионы ( $OH^-$ ), в дальнейшем обменивающиеся на анионы питательной среды. Таким образом, у внешней поверхности цитоплазмы одновременно на разных ее участках могут адсорбироваться как катионы ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{2+}$  и др.), так и анионы ( $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  и др.). Обменная адсорбция питательных веществ на поверхности цитоплазмы — это первый этап поступления их в клетки корня.

В дальнейшем адсорбированные питательные вещества проходят основную массу цитоплазмы (мезоплазму), внутренний поверхностный слой цитоплазмы (тонопласт) и попадают в проводящую систему растения. В растительных клетках непрерывно идут процессы распада белковых молекул и образование новых (дыхание, обмен веществ); это и позволяет адсорбированным ионам перемещаться.

Поступление питательных веществ в клетки корня можно представить в виде следующей схемы (по Бруксу):



На поступление питательных веществ в растения оказывают большое влияние аэрация почвы, обеспеченность растений водой, корневые выделения и избирательная способность, реакция среды, концентрация питательных веществ в почве, соотношение элементов питания, деятельность микроорганизмов и другие особенности условий, в которых обитают растения.

✓ Корни и листья — это две главные взаимосвязанные лаборатории, поставляющие одна другой необходимые для жизни растения соединения. В настоящее время доказано, что синтез сложных органических соединений происходит не только в листьях, но и в корнях.

Для того чтобы нормально происходили процессы дыхания, фотосинтеза, поступления и превращения элементов питания в корневой системе, в почве должно быть достаточное количество кислорода. При содержании в почвенном воздухе менее 8—12% кислорода большинство растений испытывает угнетение, а ниже 5% — гибнет. Губительное действие на растения оказывает также высокая концентрация в почвенном воздухе углекислого газа. Наиболее хорошие условия для выращивания растений создаются при наличии в почвенном воздухе около 1%  $\text{CO}_2$ .

✓ Поступление в растения элементов питания через корневую систему неразрывно связано также с нормальным снабжением их водой. Отсюда понятна высокая эффективность удобрений в условиях орошаемого земледелия или достаточного увлажнения, например в северной части нечерноземной полосы.

Характерно, что при лучшей обеспеченности элементами питания растения более продуктивно используют влагу. При недостатке питательных веществ растения расходуют значительно больше влаги на единицу сухого вещества, чем при нормальном содержании элементов питания. Конечно, очень строгой пропорциональности между потреблением влаги и усвоением питательных веществ нет, но, по данным ряда исследователей, удобренные зерновые культуры за вегетационный период используют воды на единицу сухого вещества на 15—20% меньше, чем не-удобренные.

Корни в процессе жизнедеятельности растений выделяют углекислый газ и некоторые органические кислоты. Эти выделения концентрируются на поверхности корневых волосков в тонком слое воды, который покрывает волоски и находится в непосредственном соприкосновении с почвой. В силу этого у корневых волосков создаются особые условия активного воздействия на труднорастворимые соединения почвы, и растение может усваивать не только воднорастворимые питательные вещества, но и вещества, менее растворимые.

Важной особенностью корневой системы является ее избирательная способность, т. е. способность растений концентрировать в своем организме необходимые питательные вещества в большем количестве, чем они находятся в питательном растворе. Например, в питательной среде находится соль  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , которая в водном растворе диссоциирует с образованием ионов  $\text{NH}_4^+$  и ионов  $\text{Cl}^-$ . Азот нужен растениям в несравненно большем количестве, чем хлор. Азот используется для образования аминокислот, аспарагина, белков и других сложных органических соединений. В этом процессе он как бы выходит из реак-



ции, освобождая место для поступления новых порций азота. Хлор же остается в растениях неиспользованным, он накапливается в клетках, и, таким образом, новые порции хлора не поступают. Отсюда можно сделать вывод о том, что избирательная способность растений опирается на обычные биохимические законы и связана с характером обмена веществ внутри растений.

Однако избирательная способность проявляется до известного предела. Если в питательной среде имеется большой избыток элемента, в данном случае хлора, то он будет внедряться в корни в значительно большем количестве, чем это желательно для хорошего развития растений. Поэтому при внесении удобрений следует опасаться одностороннего обогащения почвы каким-либо элементом, особенно обладающим высокой подвижностью. Одностороннее удобрение приводит к излишнему внедрению элемента в растение и к понижению усвояемости корневой системой других питательных веществ.

Концентрация солей в питательном растворе определяет его осмотическое давление, которое в нормальных условиях колеблется около 3 атм. Осмотическое давление клеточного сока значительно выше, и от него зависит поступление воды в растение.

Избыточная концентрация окружающего раствора, встречающаяся, например, в засоленных почвах, вредна для растений. Она замедляет поступление воды в клетки корня, а при очень высокой концентрации может произойти даже отнятие воды от клетки (плазмолиз). В этом случае наблюдается завядание растений. На засоленных почвах осмотическое давление почвенного раствора настолько велико, что многие культурные растения там гибнут от недостатка влаги даже при достаточном ее количестве в почве. В таких условиях растут только приспособившиеся растения, например солянки, имеющие очень высокое осмотическое давление клеточного сока.

Наибольшую чувствительность к повышенным концентрациям питательных веществ растения обнаруживают в раннем возрасте, что связано с особенностями развития корневой системы молодых растений (табл. 6).

У молодых растений корневая система нежная, слабо развитая и весьма чувствительная к высокой концентрации солей в

Таблица 6

Увеличение поглощающей поверхности корней ячменя с развитием растений

Фаза роста	Объем корней (см <sup>3</sup> )	Длина корней (м)	Поглощающая поверхность корней (м <sup>2</sup> )
Проростки . . . . .	0,15	4,24	0,038
Кущение . . . . .	1,62	35,98	0,742
Начало молочной спелости . . . . .	12,9	30,87	3,838

БИБЛИОТЕКА  
 46421  
 ШКОЛЬНОГО ЦЕНТРА ГЕНЕРАЛЬНОГО  
 УНИВЕРСИТЕТА  
 833194

окружающем растворе. Из приведенных измерений видно, что взрослые растения ячменя по сравнению с проростками имеют примерно в 80 раз больший объем корней, в 150 раз большую поглощающую поверхность и в 200 раз большую длину.

Чувствительность к концентрации солей у различных растений неодинакова. Наибольшей чувствительностью отличаются лен, люпин, лук, морковь, огурцы. Но независимо от вида культуры у молодых растений она всегда значительно выше, чем у взрослых.

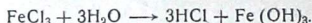
Степень кислотности или щелочности среды оказывает сильное влияние на развитие корней и поступление питательных веществ. Установлено, что подкисление внешнего раствора способствует поступлению в растение анионов, а подщелачивание — катионов. Связано это с чрезвычайной подвижностью ионов  $H^+$  и  $OH^-$ .

Реакция питательной среды влияет также на реакцию клеточного сока и дальнейший обмен веществ. Кислая реакция клеточного сока тормозит синтез белков. В щелочной среде более сильно нарушается синтез углеводов.

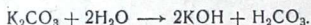
Таким образом, необходимо создание оптимальной для каждого вида растений реакции питательной среды.

В питании растений большое значение имеет физиологическая реакция солей, входящих в питательный раствор.

В химическом отношении соли, которые вносятся в питательную среду, можно охарактеризовать как кислые, нейтральные или щелочные. Например,  $FeCl_3$  — кислая соль, образованная слабым основанием и сильной кислотой, при взаимодействии с водой дает кислую реакцию, что обусловлено возникновением соляной кислоты:



$K_2CO_3$  — щелочная соль, образованная сильным основанием и слабой кислотой, при взаимодействии с водой дает щелочную реакцию:



$NaNO_3$  — нейтральная соль, образованная сильным основанием и сильной кислотой, при взаимодействии с водой не изменяет реакции среды:



Химические свойства солей имеют значение в питании растений, так как могут подкислять или подщелачивать питательную среду независимо от взаимодействия с корнями растений.

С химической характеристикой солей не следует смешивать так называемую физиологическую реакцию солей. Физиологическая реакция солей связана с питанием растений. Она возникает в результате неодинакового поглощения корнями катион-

ной или анионной части соли, в результате чего обнаруживается подщелачивание или подкисление раствора.

Так, например, из нейтральных солей  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$  растение более интенсивно использует  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$ , которые нужны для различных биохимических процессов, протекающих в растительном организме. Анионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  накапливаются в растворе, образуя с водородом серную и соляную кислоты. Это вызывает подкисление раствора. Соли, нейтральные с химической точки зрения, будут обладать ясно выраженной физиологической кислотностью.

Следовательно, физиологически кислыми являются те соли, из которых растения поглощают преимущественно катионы, а анионы с водородом дают минеральную кислоту, подкисляющую раствор.

Физиологическая кислотность калийных солей выражена гораздо слабее, чем у аммиачных соединений. Кислотность аммиачных солей выше потому, что она обуславливается не только анионом соли, но и катионом  $\text{NH}_4^+$ , который в процессе нитрификации в почве дает  $\text{HNO}_3$ .

Физиологическая кислотность калийных солей сильно зависит от вида растений, в питательную среду которых эти соли вносятся. Например, при выращивании сахарной свеклы, подсолнечника, кукурузы физиологическая кислотность калийных солей проявляется сильнее, чем при выращивании овса и ячменя. Это объясняется тем, что свекла, кукуруза и подсолнечник потребляют калия значительно больше, чем овес и ячмень.

Рассуждая точно так же, можно обнаружить, что нейтральные соли  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , входящие в состав удобрений, при внесении в питательный раствор подщелачивают среду, т. е. обладают физиологической щелочностью.

Питательный раствор должен быть физиологически уравновешенным, т. е. иметь определенное соотношение химических элементов. Из такого раствора в растения поступают все необходимые питательные элементы в нужном количестве.

Если растение использует питательный раствор, в котором находится избыток одной какой-либо соли, то оно развивается слабо. В этом случае ионы, входящие в состав этой соли, не имея других сильных конкурентов, легко внедряются в корни в избыточном, ненужном количестве, и растение проявляет резкие признаки плохого роста, возникающие вследствие ядовитого действия избыточного иона. Такой раствор называется не уравновешенным.

При наличии в растворе нескольких солей различных элементов устраняется избыточное поступление и обезвреживается ядовитое действие ионов на организм растений. Это взаимное обезвреживание, или противодействие, носит название антагонизма ионов.

Антагонизм проявляется у одноименно заряженных ионов, например  $K^+$  и  $Na^+$ ;  $NO_3^-$  и  $PO_4^{3-}$  и т. д. Между ионами, близкими по своим свойствам, антагонизм выражен сильнее. Так, например, более резко он выражен у  $K^+$  и  $Na^+$ , чем у  $K^+$  и  $Ca^{2+}$ . Наоборот, ионы с противоположными зарядами ускоряют взаимное поступление в растение и ослабляют возможность ядовитого действия.

При внесении различных удобрений надо стремиться к обеспечению наиболее благоприятной реакции среды, оптимальной концентрации солей, необходимому соотношению элементов питания, создающего уравновешенность раствора, и т. п.

Особое положение в питании растений занимают микроорганизмы, находящиеся в почве и на корнях растений. Микроорганизмами называют невидимые простым глазом растительные и животные организмы. К ним относятся бактерии, актиномицеты, дрожжи, плесневые грибы, мельчайшие водоросли и простейшие одноклеточные животные (амебы, инфузории и др.). Деятельность микроорганизмов весьма многообразна. Они разлагают сложные органические соединения почвы и внесенные в нее органические удобрения, превращая их в доступные для питания растений минеральные соли или органические соединения более простого состава. Ряд бактерий переводит в легкоусвояемую форму труднорастворимые минеральные соединения фосфора и калия. Некоторые микроорганизмы улучшают питание растений азотом, который они способны усваивать из почвенного воздуха.

Бактерии и грибы накапливают в почве довольно большую биологическую массу, которая может достигать 5 т и более на 1 га. По мере окультуривания почв количество микроорганизмов в них возрастает. Однако влияние микроорганизмов на питание растений не всегда положительно. Сильное развитие деятельности какой-нибудь одной или нескольких групп микроорганизмов может привести к их борьбе с культурными растениями за элементы питания, появлению вредных для растений соединений и другим еще малоизученным, но нежелательным явлениям.

Внесением удобрений можно направленно изменять микробиологические процессы в почве.

### ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА В РАСТЕНИИ

По химическому составу сельскохозяйственные растения различаются между собой значительно (табл. 7).

В соответствии с особенностями химического состава растений количество элементов питания, необходимое для получения определенного урожая, неодинаково. Например, зерновые культуры для создания хорошего урожая нуждаются в относительно небольшом количестве элементов питания, а овощные культуры,

Таблица 7

**Среднее содержание азота, фосфора и калия в урожае  
сельскохозяйственных культур  
(в процентах)**

Культуры	Продукция	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Рожь озимая	{ Зерно . . . . .	2,20	0,85	0,60
	{ Солома . . . . .	0,45	0,26	1,00
Пшеница яровая	{ Зерно . . . . .	3,40	0,85	0,60
	{ Солома . . . . .	0,67	0,20	0,75
Кукуруза	{ Зерно . . . . .	1,91	0,57	0,37
	{ Стебли . . . . .	0,75	0,30	1,64
Горох	{ Зерно . . . . .	4,50	1,00	1,25
	{ Солома . . . . .	1,40	0,35	0,50
Бобы	{ Зерно . . . . .	4,08	1,21	1,29
	{ Солома . . . . .	1,25	0,29	1,94
Свекла сахарная	{ Корнеплоды . . .	0,24	0,08	0,25
	{ Ботва . . . . .	0,35	0,10	0,50
Картофель	{ Клубни . . . . .	0,32	0,14	0,60
	{ Ботва . . . . .	0,30	0,10	0,85
Морковь кормовая	{ Корнеплоды . . .	0,18	0,11	0,40
Капуста белокочанная	{ Ботва . . . . .	0,34	0,08	0,60
Вика		0,93	0,10	0,35
Люцерна Клевер красный Луговые травы	Сено . . . . .	{ 2,27	0,62	1,00
		{ 2,60	0,65	1,50
		{ 1,97	0,56	1,50
		{ 1,70	0,70	1,80

картофель, сахарная свекла и кормовые корнеплоды требуют их очень много и в другом соотношении.

Количество элементов питания, поступивших в растения, связано не только с особенностями химического состава культур, но и с высотой урожая. Чем выше урожай той или иной культуры, тем больше требуется питательных веществ (табл. 8).

Таблица 8

**Примерное содержание основных элементов питания в урожае  
некоторых культур**

Культуры	Урожай основной про- дукции (ц/га)	Содержится в урожае (кг)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Зерновые . . . . .	20—25	60—85	25—30	50—60
Картофель . . . . .	200—250	100—125	40—50	140—230
Кукуруза (зеленая масса) . .	500—700	150—180	50—60	150—200
Свекла сахарная . . . . .	250—300	100—160	35—60	150—200
Горох и бобы . . . . .	20—25	100—150	30—40	40—50
Луговые травы . . . . .	60	90	30	120

Изучение хода накопления питательных веществ в растениях в течение вегетационного периода показало, что оно происходит неравномерно и зависит от биологических особенностей культуры. Озимая рожь уже в осенний период усваивает от 19 до 26% (по другим опытам и больше) от общего содержания питательных веществ в урожае. Наибольшего количества азота, фосфора и калия (38—45%) озимая рожь требует ранней весной (табл. 9).

Таблица 9

Поступление питательных веществ в растения озимой ржи по периодам роста (в процентах)

Период	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Период	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Осенний . . . . .	26,1	19,3	22,6	Поздневесенний (май) . . . . .	26,1	35,5	32,2
Ранневесенний . . . . .	44,7	38,7	45,2	Летний (июнь—июль) . . . . .	3,1	6,5	0,0

Наиболее интенсивное поступление калия у льна имеет место до цветения и в период цветения, фосфора в более поздние фазы — цветения и развития плодов, а азота — в фазу цветения (табл. 10).

Таблица 10

Поступление питательных веществ по фазам роста льна (в процентах)

Фаза роста	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Фаза роста	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Бутонизация — начало цветения	18,8	8,6	43,8	Полное цветение — полное развитие плодов	19,2	55,9	9,5
Начало цветения — полное цветение . . . . .	59,5	27,9	46,1	Полное развитие плодов — нормальная спелость . . . . .	2,5	7,6	0,6

Другие культуры также имеют свой характерный для них ход поступления и накопления питательных веществ.

Очень часто в конце вегетационного периода наблюдается уменьшение содержания элементов питания в растениях, обусловленное опадением листьев, оттоком питательных веществ из старых частей растений или вымыванием некоторых элементов из растений во время дождей, что наиболее характерно для калия.

В соответствии с количеством требующихся элементов питания и их значением в жизни растений различают два периода: критический и максимального поступления питательных веществ.

Под критическим периодом понимают такой период в жизни растений, когда отсутствие питательных элементов, резкий их недостаток, нарушения в соотношении или избыток их оказывают сильное отрицательное влияние на все последующее развитие растений.

Под периодом максимального поступления, как показывает само название, понимается период наибольшего потребления питательных веществ.

Продолжительность этих периодов и их интенсивность у разных растений неодинаковы. Но обычно критический период соответствует более молодому возрасту, а период максимального потребления питательных веществ характернее для взрослого растения (цветение, клубнеобразование и пр.).

Особенно важно дать нужные элементы питания в ранние фазы роста — в критический период. Так, например, критический период в фосфорном питании ячменя совпадает с появлением всходов и началом роста. Если в бедную почву не внести фосфорное удобрение до посева, то никакое последующее внесение удобрений не сможет восполнить утраченный урожай.

Таким образом, питание растений — это сложный процесс, протекающий по-разному в зависимости от ряда условий. Обязанность агронома состоит в том, чтобы с помощью удобрений обеспечить нормальное питание растений в течение всего периода вегетации.

### ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ

Почву нельзя рассматривать только как среду для укрепления корней растений или как механический передатчик элементов питания. В почве идет своя сложная жизнь, оказывающая влияние на растения и удобрения.

Содержание основных элементов питания в почвах весьма различно. Оно зависит от типа почв и степени выраженности почвообразовательного процесса, от механического состава почв, содержания и форм органического вещества, степени окультуренности и других условий.

Потенциальные (общие) запасы питательных веществ в различных почвах достаточно велики (табл. 11).

Если принять вес пахотного слоя дерново-подзолистой почвы за 3 000 000 кг, то на площади 1 га может содержаться следующее количество элементов питания: азота — до 3900 кг, фосфора — до 4500, калия — до 75 000 кг. Еще больший запас питательных веществ содержится в других почвах, особенно в черноземе. Следует иметь в виду, что корневая система растений

Валовое содержание азота, фосфора и калия  
в пахотном слое почв  
(в процентах)

Почвы	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Дерново-подзолистые	0,04—0,13	0,02—0,15	0,50—2,50
Черноземы . . . . .	0,20—0,50	0,10—0,30	1,75—2,50
Сероземы (орошаемые)	0,05—0,20	0,08—0,20	1,00—3,00

проникает далеко за пределы пахотного слоя; таким образом, запасы питательных веществ в почвах характеризуются еще большей величиной.

Поскольку средний урожай с 1 га, например зерновых культур, требует всего только 50—60 кг того или иного питательного вещества, то можно думать, что в пахотном слое почв содержатся запасы питательных веществ на целые столетия. Однако в действительности уже в настоящее время на всех почвах (даже на черноземах) прибавки урожая от внесения удобрений довольно велики, а на бедных почвах нечерноземной полосы вообще нельзя получить хорошего урожая без применения удобрений.

Это кажущееся противоречие объясняется тем, что главная масса питательных веществ почвы находится в форме запасов, недоступных для непосредственного использования корнями растений. Легкодоступных питательных веществ в десятки и сотни раз меньше, чем их общих запасов.

В почве непрерывно протекают физико-химические и биологические процессы превращения питательных веществ в подвижные, доступные для растений формы, но эти превращения далеко не всегда могут обеспечить потребности культурных растений.

В почве различают твердую часть, почвенный раствор и почвенный воздух. Элементы корневого питания находятся в основном в твердой фазе и только частично в почвенном растворе.

Твердая фаза почвы состоит из минеральной (до 90—99%) и органической (от 1 до нескольких процентов) частей.

Азот содержится преимущественно в органической части, калий — в минеральной, а фосфор — и в органической, и в минеральной частях.

Количество органического вещества, в том числе гумуса, подвержено довольно сильным колебаниям. Так, в дерново-подзолистых почвах содержание гумуса колеблется от 0,8 до 2,5%, в сероземах — от 0,5 до 2, а в черноземах — от 4 до 13%. Органические соединения почвы доступны растениям в ничтожно малом количестве. Для использования питательных элементов, находящихся в форме органических соединений, последние должны



предварительно подвергнуться минерализации, т. е. разложению до минеральных солей.

Питательные вещества минеральной части почвы тоже мало-доступны для растений. Химический состав минеральной части почвы весьма сложен. Главная масса ее представлена окислами кремния, алюминия и железа, которые находятся в свободном виде или в форме различных соединений. Кроме простых и сложных силикатов, в состав почв входят углекислые, фосфорнокислые, сернокислые, хлористые, азотнокислые соли и ряд других соединений.

Растениям практически доступны только те элементы, которые находятся в форме соединений, растворимых в воде или слабых кислотах, и в поглощенном коллоидами состоянии. Количество таких элементов измеряется сотыми и тысячными долями процента.

Легкорастворимыми солями в почве являются:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  — двууглекислый кальций,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  — двууглекислый магний,  $\text{NaHCO}_3$  — двууглекислый натрий,  $\text{KHCO}_3$  — двууглекислый калий,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  — углекислый аммоний,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  — углекислый натрий,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  — углекислый калий,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  — однозамещенный фосфат кальция,  $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  — однозамещенный фосфат магния,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  — двухзамещенный фосфат калия,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — однозамещенный фосфат калия,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  — двухзамещенный фосфат натрия,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  — двухзамещенный фосфат аммония,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  — сернокислый калий,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  — сернокислый аммоний,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  — азотнокислый кальций,  $\text{KNO}_3$  — азотнокислый калий,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — азотнокислый аммоний,  $\text{CaCl}_2$  — хлористый кальций,  $\text{NaCl}$  — хлористый натрий,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  — хлористый аммоний.

К труднорастворимым минералам и солям относятся:  $(\text{Na}, \text{K})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  — нефелин,  $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$  — ортоклаз,  $\text{SiO}_2$  — окись кремния,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — красный железняк,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — окись алюминия,  $\text{CaCO}_3$  — углекислый кальций,  $\text{MgCO}_3$  — углекислый магний,  $\text{CaF}_2 \cdot \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  — фторapatит,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  — фосфорит (трехкальциевый фосфат),  $\text{FePO}_4$  — фосфорнокислое железо,  $\text{AlPO}_4$  — фосфорнокислый алюминий.

Многие химические соединения почв занимают промежуточное положение между двумя приведенными группами по растворимости в воде.

Под влиянием воды, колебаний температуры, деятельности микроорганизмов, механической обработки почв и других воздействий в почве непрерывно протекают процессы превращения труднорастворимых соединений в легкорастворимые, доступные растениям.

Одновременно происходит вымывание легкорастворимых форм в глубокие горизонты почвы или превращение их во вторичные труднорастворимые соединения. Если в итоге этих процессов слагаются неблагоприятные условия питания для расте-

ний, то самый верный способ их улучшения — применение удобрений (рис. 2).

В почве происходят мобилизация и закрепление подвижных питательных веществ. В этих процессах, а также в питании растений и применении удобрений очень большое значение имеют органические и минеральные или органо-минеральные почвенные коллоидные частицы, т. е. частицы, которые имеют размер  $< 0,0001$  мм. Сумма этих мельчайших частиц, обладающих высокой способностью поглощать и обменивать различные

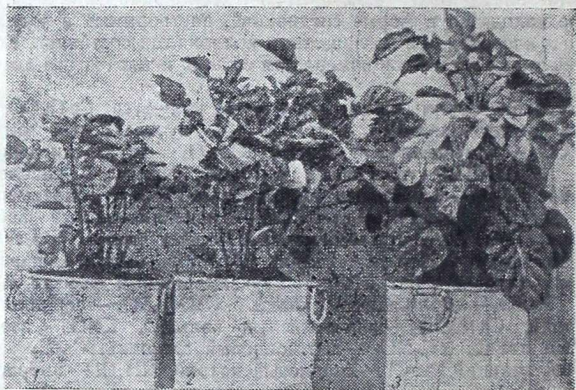


Рис. 2. Растения на удобренной и удобренной почвах.  
1 — удобренной, 2, 3 — удобренной.

химические вещества, была названа академиком К. К. Гедройцем почвенным поглощающим комплексом.

В самом широком смысле поглощательная способность почвы — это способность задерживать те или иные вещества, приходящие в соприкосновение с твердыми частицами почвы.

К. К. Гедройцем установлены следующие виды поглощательной способности почв.

1. Механическое поглощение — способность почвы, как всякого пористого тела, задерживать все более или менее крупные частицы, находящиеся во взмученном состоянии в воде, фильтрующейся через почву.

При прочих равных условиях наибольшей механической поглощательной способностью обладают тяжелые глинистые почвы, а наименьшей — легкие песчаные. На почвах тяжелого механического состава можно вносить удобрения осенью даже в

зоне избыточного увлажнения, не опасаясь больших потерь элементов питания за счет их вымывания. На почвах легкого механического состава приходится считаться с возможностью вымывания питательных веществ и соответственно выбирать приемы, способы и время внесения удобрений.

2. Физическое поглощение — поглощение целых молекул растворенных солей, при котором изменяется концентрация растворенного вещества, а не качественный состав раствора. Те вещества, молекулы которых притягиваются частицами почвы сильнее, чем молекулы воды, концентрируются у поверхности частиц. В этом случае мы имеем дело с положительным физическим поглощением. Положительное физическое поглощение отмечено у ряда органических соединений — органических кислот и оснований, спиртов и пр.

Отрицательное физическое поглощение бывает в том случае, когда молекулы воды сильнее притягиваются частицами почвы, чем молекулы растворенного вещества, которые в этом случае как бы отталкиваются почвенными частицами. Отрицательное физическое поглощение наиболее четко проявляется при взаимодействии почвы с растворами нитратов и хлоридов. В силу этого нитраты и хлориды сохраняют в почве исключительно высокую подвижность. Это обстоятельство необходимо учитывать при внесении солей, содержащих азот в нитратной форме, чтобы не произошло значительных потерь ценного элемента из-за вымывания водой.

3. Химическое поглощение — образование нерастворимых или малорастворимых соединений из растворимых в процессе химических реакций. Например, при внесении в почву суперфосфата, содержащего фосфор в виде легкорастворимой соли  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , при взаимодействии аниона фосфорной кислоты с кальцием, железом или алюминием могут образовываться труднорастворимые соединения:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{FePO}_4$  или  $\text{AlPO}_4$ .

Химическому поглощению в почвах подвергаются только такие элементы питания, которые способны образовывать труднорастворимые соединения. Ионы  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$  не дают таких соединений в почве и поэтому сохраняют свою высокую подвижность.

Особенности поведения в почве фосфатов, нитратов и хлоридов имеют большое практическое значение для обоснования правильных приемов внесения удобрений.

4. Физико-химическое, или обменное, поглощение катионов — это поглощение катионов, находящихся в почвенном растворе, в процессе обмена их на катионы, имеющиеся в почвенном поглощающем комплексе.

Так, например, поглощение калия из раствора калийной соли можно представить следующей схемой:



При взаимодействии раствора соли с почвой происходит поглощение не всей соли, а лишь ее катионной части. Это связано с тем, что почвенные коллоидные частицы, как правило, заряжены отрицательно.

При поглощении из раствора какого-либо катиона почва одновременно отдает в раствор эквивалентное количество другого катиона, т. е. обмен идет в эквивалентных количествах. При этом следует помнить, что реакция обмена катионов обратима и поэтому между катионами почвенного раствора и катионами, находящимися в поглощенном состоянии, устанавливается некоторое подвижное равновесие.

Разные катионы с неодинаковой прочностью удерживаются почвой. Как правило, чем выше атомный вес элемента и чем больше заряд катиона, тем сильнее он поглощается почвой. Например, натрий с весом 23 поглощается менее прочно, чем калий с весом 39, а  $\text{Ca}^{2+}$ , обладающий двойным зарядом, более прочно, чем  $\text{K}^+$ , обладающий одним зарядом. Из этого правила исключение представляет лишь  $\text{H}^+$ , который, несмотря на наименьший атомный вес, обладает высокой способностью вытеснять другие поглощенные катионы.

Разные почвы содержат неодинаковое количество поглощенных катионов. Поэтому при внесении в почву, например,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  одна почва может поглотить много  $\text{NH}_4^+$ , а другая мало. Общее количество катионов, способных к обмену, носит название емкости поглощения. Почвы, содержащие большое количество органических и минеральных коллоидов, отличаются большей емкостью поглощения; почвы, у которых мало коллоидных частиц, имеют малую емкость поглощения.

Разные почвы отличаются не только общей величиной емкости поглощения, но и неодинаковым составом поглощенных катионов.

У черноземных почв в поглощающем комплексе преобладает кальций, и это определяет многие свойства черноземов, в частности наличие комковато-зернистой структуры. У засоленных почв свойства определяются большим содержанием в поглощающем комплексе натрия. Вхождение натрия в почвенный поглощающий комплекс способствует ухудшению структуры, распылению почв и ухудшению их физических свойств.

Подзолистые почвы, у которых свойства почвенного поглощающего комплекса определяются  $\text{H}^+$ , занимают промежуточное место между черноземами и засоленными почвами по прочности структуры и физическим свойствам.

Внесением удобрений можно регулировать соотношение поглощающих катионов и, таким образом, влиять на физические свойства почв, а значит, на водный, воздушный и тепловой режимы.

5. Биологическое поглощение — способность почвы накапливать в результате деятельности растений и почвенных микро-

организмов органическое вещество, содержащее зольные элементы и азот.

Все виды поглотительной способности почв имеют очень большое значение в процессах взаимодействия между почвами и удобрениями, оказывающими сильное влияние на питание растений.

### УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОР РЕГУЛИРОВАНИЯ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Свойства почв далеко не всегда могут удовлетворять многообразные требования различных растений. Важнейшим приемом улучшения свойств почв, регулирования условий питания растений в различные периоды их жизни и получения высокого урожая является применение удобрений.

Под понятием «удобрение» в широком смысле объединяются минеральные и органические вещества или материалы, которые могут быть практически использованы для улучшения свойств почв и условий питания растений.

Те удобрения, которые накапливаются или добываются на местах их использования, т. е. в самих хозяйствах или вблизи них, получили название местных (навоз, навозная жижа, птичий помет, торф, фекалии, компосты, городской мусор, известковые туфы, зола, зеленые удобрения).

Удобрения, которые специально изготавливаются на заводах или являются отходами промышленности, называются заводскими, или промышленными (почти все минеральные удобрения и небольшая часть органических удобрений, представляющих главным образом отходы мясной, рыбной, кожевенной и других видов промышленности). Само деление удобрений на органические и минеральные указывает на то, в какой форме находится главная масса питательных веществ. В органических удобрениях они находятся в форме органических веществ, а в минеральных — в форме различных минеральных солей.

По числу содержащихся элементов питания, т. е. азота, фосфора и калия, удобрения разделяются на простые, сложные и комплексные. К простым относятся удобрения, содержащие один из указанных элементов (например, аммиачная селитра, содержащая азот, или хлористый калий, содержащий калий), а к сложным и комплексным — удобрения, содержащие два или три элемента питания (например, калийная селитра, содержащая K и  $\text{NO}_3$  и т. д.).

В агрономической литературе и практике имеет место деление удобрений по характеру действия на прямые и косвенные. При этом подразумевается, что прямые удобрения оказывают на питание растений непосредственное действие (например, суперфосфат, сульфат аммония и др.), а косвенные — влияют на питание растений, изменяя реакцию среды, физико-химические

и другие свойства почв, что приводит к улучшению питания растений за счет элементов питания, содержащихся в самой почве (например, известь, гипс). Следует отметить, что деление удобрений на прямые и косвенные носит условный характер, так как каждое удобрение в той или иной мере действует и прямо, и косвенно. Так, например, сульфат аммония оказывает прямое действие как источник азотного питания и в то же время косвенное действие, подкисляя почву. Известь, которую обычно причисляют к типичным косвенным удобрениям, устраняющим кислотность и изменяющим физико-химические свойства почв, в то же время является частичным источником углеродного и кальциевого питания растений (см. схему классификации удобрений).

Для удовлетворения требований растений в элементах питания во все периоды их роста предусматривается 3 способа внесения удобрений: основное, припосевное и подкормки.

Основное, или допосевное, внесение удобрений производится сплошным его рассевом до посева высеваемой культуры с глубокой заделкой в почву при вспашке или культивации поля. Основным оно называется потому, что в нем даётся основное количество удобрений, предназначенное для данного поля. Обычно вносятся большая часть минеральных удобрений и полностью органические удобрения. Допосевное внесение является главным способом применения удобрений, создающим основу питания растений на весь вегетационный период.

Припосевное, или местное, внесение удобрений в рядки, бороздки, лунки или гнезда производится при посеве семян или посадке клубней и рассады растений. Вносятся небольшие дозы удобрений. Главная задача этого способа состоит в том, чтобы обеспечить растения элементами питания в первый период роста после прорастания семян.

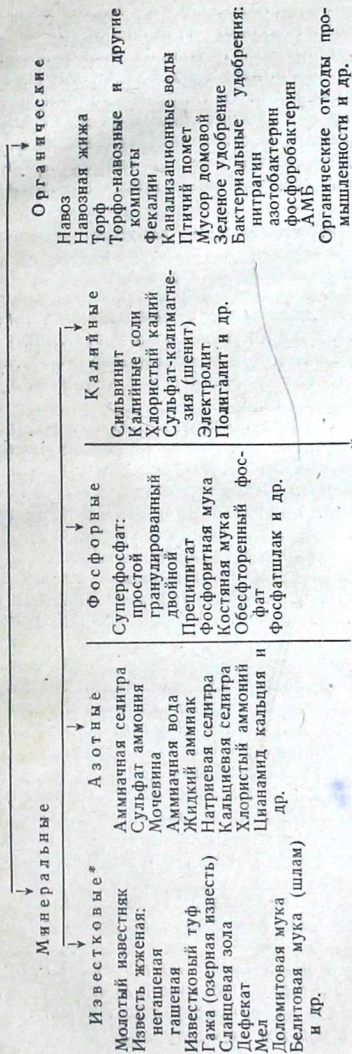
Подкормки — это внесение удобрений в период вегетации растений, например в междурядья пропашных культур. Подкормки следует рассматривать как важный, но все же только дополнительный прием к основному и припосевному внесению удобрений. Цель проведения подкормок — добавить некоторые недостающие элементы питания в наиболее ответственные фазы роста растений (например, ранняя весенняя подкормка озимых азотными удобрениями).

Подкормка растений в период вегетации может производиться и внекорневым путем — нанесением растворенных в воде или размельченных удобрений на листовую поверхность растений.

Возможность питать растения азотом и элементами зольной пищи через листья была доказана в лаборатории академика Д. Н. Прянишникова. Установлено, что в некоторых случаях сочетание корневого и внекорневого питания может оказать положительное действие на урожай и его качество.

# Упрощенная схема классификации удобрений

## Удобрения



### Микроудобрения

- Борные:  
борат магнезия  
борнодоломитовое удобрение
- Медные:  
медный купорос  
пиритовые огарки  
Марганцевые:  
марганцевый шлак  
сульфат марганца  
Молибденовые и др.

### Комплексные удобрения

- Аммофос и диаммофос  
Калийная селитра  
Аммонизированный суперфосфат  
Аммофоски и нитрофоски (азофоски)  
Зола и др.

\* Обычно известковые удобрения выделяют из минеральных в самостоятельную группу.

Дальнейшие исследования показали, что роль внекорневого питания в жизни растений довольно ограничена. Внекорневые подкормки целесообразно проводить только тогда, когда внесение удобрений другими способами невозможно или во всяком случае затруднено, например при сомкнутом стоянии растений и острой необходимости в дополнительном питании. Внекорневая подкормка может иметь место в засушливые годы, когда из-за недостатка почвенной влаги подача элементов питания через корни резко нарушается, и в некоторых других случаях.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### Техника лабораторных работ

**Химическая посуда и обращение с ней.** При выполнении большинства лабораторных работ используют стеклянную химическую посуду. Как правило, она тонкостенная, и поэтому довольно хрупкая, следовательно, обращаться с ней нужно очень осторожно.

Если нужно вымыть какую-нибудь колбу, то прежде всего из нее выливают остатки раствора. Потом, если она не загрязнена жирными веществами, моют холодной водопроводной водой при помощи особых щеток — ершей. При этом нужно следить за тем, чтобы металлическим стержнем щетки не выдавить стенку или дно колбы. Если колба загрязнена жирными веществами, ее хорошо моют горячей мыльной водой.

В тех случаях, когда посуда не поддается мытью водой, употребляют хромовую смесь, которая является сильным окислителем. Для этого в вымытую водой посуду наливают  $\frac{1}{4}$  объема хромовой смеси и осторожно обмывают стенки колбы, наклоняя ее последовательно во все стороны. Затем хромовую смесь выливают обратно в банку, где она хранится (ибо ею можно пользоваться долго). Дают посуде постоять 1—2 минуты и затем моют ее водопроводной водой. Обращаться с хромовой смесью, как и со всеми крепкими кислотами и щелочами, нужно осторожно, чтобы не капнуть на стол, пол, одежду и руки.

Для того чтобы убедиться, достаточно ли чисто вымыта посуда, колбу поворачивают вверх дном и смотрят, как стекает вода. Если она стекает ровным слоем, не оставляя капель, значит колба вымыта достаточно хорошо, если же на стенках остаются капли, — плохо.

Хорошо вымытую колбу споласкивают небольшим количеством дистиллированной воды, т. е. воды, лишенной примесей путем перегонки.

Грязную посуду нужно мыть сразу после работы (в этом случае она отмывается значительно быстрее и лучше).

Из мерной посуды в лаборатории могут быть: пипетки, бюретки, мерные колбы, цилиндры и мензурки.



Пипетки бывают обыкновенные и градуированные. Обыкновенные пипетки снабжены одной меткой и служат для отмеривания строго определенного количества жидкости (1, 5, 20, 50, 100 мл). Градуированные пипетки — это стеклянные трубки небольшого диаметра, размеченные на деления 0,1 мл. Эти пипетки служат для отмеривания различных объемов жидкости. Емкость пипетки обозначается либо одной чертой на верхнем ее конце, либо двумя на верхнем и нижнем конце.

Чтобы отмерить определенный объем раствора, нижний конец пипетки опускают в него и ртом набирают в нее жидкость на 2—3 см выше метки. Затем быстро закрывают верхнее отверстие пипетки указательным пальцем правой руки, придерживая ее другими пальцами. Палец должен быть слегка влажным. Постепенно отпуская его, осторожно спускают жидкость до верхней метки. Светлые растворы спускают до нижнего мениска, а темнокрашенные — до верхнего. Жидкость отмеривают, держа пипетку на уровне глаз. Спустив жидкость до верхней метки, указательный палец опять плотно прижимают к пипетке, пипетку с раствором переносят в соответствующую посуду, отпускают палец и по стенке сосуда спускают раствор. Если пипетка имеет нижнюю метку, то раствор выливают до нее, отмеряя его так, как описано выше. Если же пипетка рассчитана на полное опорожнение, то после вытекания раствора в ней еще остается несколько капель. Чтобы освободиться от них, закрывают указательным пальцем верхнее отверстие пипетки, а левой рукой зажимают расширение посередине. Согревающийся от руки воздух, расширяясь, выталкивает жидкость.

Пипетками можно брать вытяжки из почв, удобрений и реактивы в том случае, если они нетитрованные. Ими нельзя брать концентрированные кислоты и щелочи.

В том случае, когда пользуются титрованными растворами или нужно измерить объем вылитой жидкости, обычно применяют бюретки. Бюретки — это цилиндрические стеклянные трубки с делениями на 0,1 мм. Отсчет делений на бюретке (так же, как и на пипетке) ведут на уровне глаза по нижнему краю мениска.

При приготовлении растворов точно известной концентрации употребляют мерные колбы. Жидкость наливают до черты, показывающей объем колбы. Последние капли жидкости приливают очень медленно до тех пор, пока край мениска не коснется черты. Отмеривание производят на уровне глаза.

В менее точных работах пользуются цилиндрами и мензурками. Концентрированные щелочи и кислоты всегда отмеривают только цилиндрами или мензурками. Правила отсчета те же самые, т. е. по нижнему краю мениска на уровне глаза.

Чтобы не перепутать посуду во время работы, ее нужно нумеровать или надписывать. На стаканах, колбах,

не подвергающихся нагреванию, надписи делают восковым карандашом по сухому стеклу. Стекланные бюксы и фарфоровые чашки, не подлежащие прокаливанию, нумеруют простым карандашом на матовой поверхности. На фарфоровых тиглях надписи делают 0,5%-ным раствором хлорного железа при помощи остро отточенной деревянной палочки.

**Фильтры.** Бумажные фильтры бывают простые и складчатые. Простой фильтр употребляют тогда, когда нужно промыть осадок. Фильтр, вставленный в воронку, должен плотно прилегать к ее внутренним стенкам и быть опущенным до самого дна.

Складчатый фильтр быстрее фильтрует жидкость, чем простой, и применяется тогда, когда необходимо отделить раствор от нерастворившихся частиц.

Как простые, так и складчатые фильтры не должны доходить до верхнего края воронки (не менее чем на 0,5 см) и ни в коем случае не выходить из воронки. Если фильтр не отвечает этим требованиям, его подрезают.

Жидкость на фильтр сливают по стеклянной палочке. Это предохраняет от разбрызгивания жидкости и прорыва фильтра.

**Весы.** При взвешивании на технoхимических весах навески берут с точностью до 0,01 г. Перед взвешиванием весы должны быть установлены на нулевую точку балансирами. Навески нельзя класть непосредственно на чашку весов, их взвешивают на листе бумаги, в стакане, чашке или другой посуде. Взвешиваемый предмет помещают на левую чашку весов, гирьки — на правую. Гирьки располагают по порядку от большей к меньшей. При смене гирек весы должны арретироваться (ставиться на упоры). Гирьки следует брать только пинцетом. После окончания взвешивания взятые из ящика гирьки обязательно возвращают на место в ящик разновесов.

При взвешивании на аналитических весах навески берут с точностью до 0,0001 г.

Необходимо строго соблюдать (помимо указанных в применении к техническим весам) следующие правила: 1) перед началом взвешивания установить нулевую точку; 2) не ставить на чашку весов горячие, сырые или недостаточно чистые предметы; 3) не касаться руками чашек весов; 4) открывать только боковые дверцы весов, во время взвешивания они должны быть закрыты; 5) арретирование весов производить плавным поворотом рукоятки до отказа в момент прохождения качающейся стрелки весов нулевой точки шкалы; 6) при взвешивании на аналитических весах вещество рекомендуется предварительно «прикинуть» на технических весах с тем, чтобы никаких отсыпаний на аналитических весах уже не производить; 7) запрещается передвигать весы с места установки, регулировать и исправлять их без преподавателя или лаборанта, насыпать или отсыпать взвешиваемое вещество в тару, когда она стоит на

чашке весов, снимать или ставить навеску и пири на чашку неарретированных весов.

### Определение потребности растений в элементах питания по внешним признакам

**Материалы и оборудование.** Растения, специально выращенные в вегетационных сосудах при остром недостатке в питательной среде азота, фосфора или калия, тетради для записей, цветные карандаши, лупы.

**Сущность метода.** Метод основан на внимательном ознакомлении с теми внешними морфологическими изменениями органов растений, которые вызываются нарушением нормального хода биохимических и физиологических процессов при недостатке того или иного элемента. Следует иметь в виду возможность появления сходных внешних признаков, не связанных с наличием основных элементов питания, а обусловленных реакцией среды (высокой кислотностью или щелочностью), недостатком доступа воздуха к корням растений, избытком воды, низкой температурой, отсутствием некоторых микроэлементов и т. п. Это обстоятельство несколько снижает значение метода, однако при внимательном отношении могут быть получены весьма ценные сведения, пригодные для решения вопроса о применении подкормок.

**Ход работы.** Выполнение работ состоит в измерении высоты растений и площади листьев, в описании их формы, особенностей окраски и других внешних признаков растений, специально выращенных в сосудах при остром недостатке в питательной среде азота, фосфора или калия, и сопоставлении их с морфологическими признаками растений, выращенных в сосудах с полной питательной смесью. Кроме записей, в тетрадях цветными карандашами делают характерные зарисовки.

Заключение о степени нуждаемости в азоте, фосфоре и калии составляется с учетом особенностей развития сельскохозяйственных культур, которые приводятся ниже (в основном по П. М. Смирнову).

**Злаковые культуры** (рожь, пшеница, ячмень, овес). При недостатке азота имеют замедленный рост побегов, слабое кущение, изреженность, бледно-зеленую окраску листьев. При недостатке фосфора окраска листьев и стеблей становится голубовато-зеленой с пурпурным оттенком; прохождение фаз роста (особенно созревания) задерживается. При недостатке калия наблюдается слабый рост стеблей, укорачивание междоузлий, усиленное, но малопродуктивное кущение, в результате которого образуется мало плодоносящих стеблей; колосья мелкие, со щуплым зерном.

**Картофель.** При недостатке азота стебли и листья растут слабо; листья небольшого размера, удлиненные, бледно-зеленой, хлоротичной окраски и располагаются вертикально. Появление

новых листьев задерживается, а старые (нижние) листья желтеют.

При дефиците фосфора наблюдается очень слабый рост ботвы и бокового ветвления; куст сжатый. Листья лишены блеска, но имеют темно-зеленую окраску и некоторую морщинистость. В период клубнеобразования на кончиках нижних листьев появляется узкая полоска темно-коричневого или черного цвета; края листьев подсыхают и завертываются кверху.

При недостатке калия растения низкорослые, междуузлия в верхней части стебля укороченные, куст раскидистый. Листья темно-зеленые, тусклые, морщинистые, вялые; по краям их между жилками появляется бронзовая пятнистость, а позднее на старых листьях — желтоватая окраска. На краях и кончиках листьев отмирающие ткани становятся коричневыми (краевой ожог). На нижней стороне листа появляется большое количество мелких темно-коричневых пятен, которые затем сливаются; верхняя поверхность приобретает бронзовую окраску, края листьев закручиваются книзу.

*Свекла сахарная и кормовая.* При дефиците азота листья небольшого размера, удлинённые, бледно-зеленой, хлоротичной окраски, располагаются вертикально. Недостаток фосфора ослабляет рост листьев; розетка их лежащая, после первых относительно крупных листьев образуются листья небольшого размера; окраска их тусклая, темно-зеленая с голубоватым оттенком. При сильном недостатке фосфора наблюдается почернение краев листа с резкой границей. Дефицит калия вызывает побледнение и побурение краев листа, а также частей листа между жилками, морщинистость, подсыхание черешков.

*Лен.* При недостатке азота наблюдается слабый рост побегов и листьев, слабое ветвление, плохое образование цветков и плодов, раннее созревание семян; стебли бывают тонкие, прямостоячие, листья мелкие, бледно-зеленые или желто-зеленые. При недостатке фосфора стебли высокорослые, но тонкие; ветвление и образование цветков слабое; листья мелкие, тусклые, голубовато-зеленые, преждевременно желтеющие и опадающие (начиная с нижних). Недостаток калия ослабляет рост побегов, междуузлия бывают короткие, на кончиках листьев появляется каемка коричневого цвета.

*Капуста.* При недостатке азота растения плохо растут; листья бывают мелкие, светло-зеленые; нижние приобретают оранжевую, красную и пурпурную окраску, опадают преждевременно. Недостаточность фосфора вызывает карликовый рост, листья бывают при ней тусклые, темно-зеленые с сильным пурпурным оттенком, преждевременно опадающие (начиная с более старых). При дефиците калия рост тоже слабый; листья темно-зеленые с голубоватым оттенком, между жилками слабохлоротичные. Края нижних листьев сначала становятся светлыми, а затем приобретают коричневую окраску (ожог ли-

стве); листья становятся волнистыми, загибаются книзу, а обожженные края их — кверху.

Записи ведут по следующей форме:

Растения	Высота растения (см)	Число листьев	Длина, ширина листьев, (см)	Описание растений и внешних признаков их голодания
Выращенные на полной смеси . . . . .				
Голодающие . . . . .				

Кроме того, в рабочей тетради делают рисунок растения и отмечают, какого элемента недостает в питании.

### Определение потребности растений в элементах минерального питания капельным колориметрическим анализом сока растений по К. П. Магницкому

**Материалы и оборудование.** Свежие растения картофеля, свеклы и других сельскохозяйственных культур, прибор К. П. Магницкого (полный набор с инструкцией).

**Сущность метода.** Определение в соке растений нитратного азота, фосфора, калия, магния и хлора основано на их свойстве давать с определенными реактивами окрашенные растворы или осадки. Полученная окраска сравнивается в полевых условиях со шкалой цветных пятен, а в лабораторных — с окраской стандартных растворов. Содержание того или иного элемента в соке выражают в условных баллах (или миллиграммах на 1 кг сока). Для этого пользуются приведенной ниже шкалой:

Условный балл	Условное содержание элементов питания	Содержание (мг на 1 кг сока)			
		азота нитратов	фосфора	калия	магния
1	Очень низкое . . . . .	100	16	600	40
2	Низкое . . . . .	250	40	1500	100
3	Умеренное . . . . .	500	80	3000	200
4	Высокое . . . . .	1000	160	6000	400

**Ход работы.** Прежде всего необходимо ознакомиться с прибором, или, как его еще называют, сумкой Магницкого. Все необходимое для анализа оборудование, реактивы и подробное описание хода работ по специальной инструкции находятся в приборе, смонтированном в ящичке и помещенном в сумку.

Успех дальнейших работ будет зависеть от степени предварительного освоения прибора, навыка получать в чистом виде сок растений и правильного применения реактивов.

Выжатый в пробирку специальными щипцами сок из стеблей, черешков и листьев растений разливают в углубления фарфоровой палетки, что дает возможность определить с соответствующими реактивами сразу несколько элементов. При этом поступают следующим образом.

1. Для определения нитратов в углубление палетки помещают небольшое количество (примерно в зерно ржи) сухого реактива (реактив № 1), на него пипеткой наносят 3 капли буферного раствора (реактив № 2) и каплю сока растения. Затем содержимое осторожно помешивают стеклянной палочкой и через минуту цвет сока сравнивают со шкалой-стандартом.

2. Для определения фосфора в углубление палетки помещают по капле разбавленного водой сока (1:3), добавляют по 2 капли молибденовокислого аммония, слегка помешивают оловянной палочкой до устойчивой окраски и сравнивают цвет со шкалой-стандартом.

3. Калий определяют с помощью двух реактивов — дипикриламината магния и соляной кислоты, последовательно по капле добавляя их к каждой капле сока растения.

4. Для определения магния на разбавленный водой сок (1:3) наносят по капле реактив титанового желтого, затем после перемешивания добавляют по капле едкого натра и получают соответствующую окраску.

Все результаты определений записывают по следующей форме:

Район, хозяйство, № поля	Тип почвы	Культура	Содержится в соке (мг на 1 кг сока)				Заключение о необходимости удобрения участка
			азота	фосфора	калия	магния	

### Определение фосфорной кислоты по методу А. Т. Кирсанова и составление карты содержания в почвах подвижных фосфатов

**Материалы и оборудование.** Образцы почвы, теххимические весы, прибор Кирсанова или небольшие колбочки, пипетки, фильтры, шкала образцовых растворов.

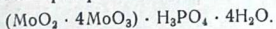
**Реактивы.** Образцовый раствор фосфата кальция, 0,2-нормальный раствор соляной кислоты, палочка из химически чистого олова, впаянная в стеклянную трубку, раствор молибденовокислого аммония в HCl (10 г химически

чистого молибденовокислого аммония растворяют в 100 мл горячей дистиллированной воды, фильтруют в горячем состоянии и оставляют для охлаждения, после чего, помешивая, прибавляют 200 мл крепкой соляной кислоты и 100 мл дистиллированной воды; полученный реактив А хранят в темном месте, для работы его разбавляют в 5 раз водой и получают реактив Б).

**Сущность метода.** Метод основан на извлечении из почвы фосфора 0,2-нормальным раствором HCl с последующим определением фосфора колориметрическим способом.

Колориметрирование возможно потому, что фосфорная кислота в присутствии молибденовокислого аммония и олова дает фосфатмолибденовый комплекс, который окрашивает раствор в голубой цвет. Интенсивность окрашивания тем больше, чем больше в растворе фосфора. Сравнивая полученную окраску с окраской образцовой цветной шкалы, устанавливают количество фосфора.

Примерный состав фосфатмолибденового комплекса:



**Ход работы.** 1. Отвесить на теххимических весах 5 г почвы и поместить навеску в небольшую колбочку.

2. Прилить 25 мл 0,2-нормального раствора HCl.

3. Взболтать в течение 1 минуты и фильтровать через обычный фильтр.

4. Взять пипеткой 5 мл фильтрата в пробирку.

5. Прилить 5 мл реактива Б (1 мл реактива А + 4 мл дистиллированной воды).

6. Мешать оловянной палочкой 20—30 секунд до получения постоянной голубой окраски, не усиливающейся от дальнейшего помешивания жидкости.

7. Сполоснуть оловянную палочку в стакане с дистиллированной водой и вытереть чистой фильтровальной бумагой.

8. Сравнить испытуемый раствор по окраске со шкалой образцовых растворов, в которых содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  известно.

9. Если в испытуемом растворе интенсивность окраски больше, чем в пробирке с образцовым раствором, отвечающим 25 мл  $\text{P}_2\text{O}_5$ , произвести разбавление.

Данные анализа записывают по следующей форме:

№ почвенного образца	Навеска почвы (г)	Прилито 0,2-нормальной HCl (мл)	Взято на определение фильтрата (мл)	Разведение	№ пробирки образцового раствора, соответствующего окраске испытуемого раствора	Содержится $\text{P}_2\text{O}_5$ (мг на 100 г почвы)	Заключение об обеспеченности почвы доступным растениям фосфором

Заключение об обеспеченности подвижными формами фосфатов в зависимости от возделываемых культур и содержания  $\text{P}_2\text{O}_5$  (в мг на 100 г почвы) делают на основании следующего:

Обеспеченность	Для зерновых	Для пропашных	Для овощных
Очень низкая . . . . .	< 3	< 8	< 15
Низкая . . . . .	< 8	< 15	< 20
Средняя . . . . .	8—15	15—20	20—30
Высокая . . . . .	> 15	> 20	> 30

Агрохимическую карту содержания подвижных фосфатов вычерчивает вся учебная группа на основании определений подвижного фосфора в почвенных образцах, взятых в различных частях полевого участка.

Для обозначения почв с различным содержанием фосфора (в мг  $P_2O_5$  на 100 г почвы) можно принять такие цвета: < 3 — красный, < 8 — оранжевый, 8—15 — желтый, 15—20 — зеленый, 20—30 — голубой, > 30 — синий.

### Определение подвижного фосфора в карбонатных почвах по Б. П. Мачигину

**Материалы и оборудование.** Образец почвы, теххимические весы, колориметр, конические колбы на 250 и 150 мл, градуированная пипетка, цилиндр, складчатый фильтр из бумаги, не содержащей даже следов фосфорной кислоты, пипетка, мерная колба на 50 мл.

**Реактивы.** 1%-ный раствор  $(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$ , серная кислота, разведенная (150 мл концентрированной  $H_2SO_4$  уд. веса 1,84 доводят водой до 1 л), 0,5-нормальный перманганат калия (15,81 г  $KMnO_4$  в 1 л воды), 10%-ный раствор глюкозы, 10%-ный раствор  $Na_2CO_3$ , бета-динитрофенол —  $C_6H_4N_2O_5$  (насыщенный раствор — 0,2 г в 100 мл), молибденовый реактив (в фарфоровую чашку наливают 75 мл  $H_2SO_4$  уд. веса 1,785, прибавляют к ней 3,762 г  $MoO_3$  или 4,232 г  $H_2MoO_3$ , слабо кипятят, перемешивая содержимое до полного растворения, и переливают тонкой струей в мерную колбу с 300 мл дистиллированной воды при взбалтывании последней, охлаждают и доливают колбу водой до 500 мл, сохраняют в темном месте), образцовый раствор фосфата (1,9167 г химически чистого, свежеперекристаллизованного кислого фосфорнокислого калия  $KH_2PO_4$  растворяют в 1 л дистиллированной воды, 50 мл полученного раствора разбавляют водой до 1 л, в 1 мл раствора содержится 0,005 мг  $P_2O_5$ , его употребляют для приготовления образцового раствора), 1%-ный раствор  $H_2SO_4$ , хлористое олово (0,0612 г  $SnCl_2 \cdot 2H_2O$  в 12 мл воды),  $HCl$  уд. веса 1,19.

**Сущность метода.** Подвижный фосфор извлекают из почвы 1%-ным раствором углекислого аммония, так как в карбонатных почвах слабые растворы кислот нейтрализуются. В обесцвеченной вытяжке определяют содержание фосфора колориметрическим способом.

Если исследуемая почва содержит большое количество солей магния, то их предварительно удаляют промыванием 1%-ным раствором хлористого калия и только после этого анализируют почву на содержание подвижного фосфора.

Проводить анализ следует всегда при одной и той же температуре, например в пределах 20—25 °С.



**Ход работы.** 1. Отвесить на теххимических весах навеску почвы 5 г и поместить в коническую колбу емкостью 200—250 мл.

2. Прилить 100 мл 1%-ного раствора углекислого аммония.

3. Взболтать суспензию от руки (около 5 минут) и оставить стоять на 20—24 часа. За время отстаивания, например через 6—7 часов, суспензию взболтать еще раз.

4. После отстаивания отфильтровать через складчатый фильтр из бумаги, совершенно не содержащей фосфорной кислоты.

5. Если вытяжка окрашена органическим веществом, ее нужно обесцветить. Для этого взять 5—20 мл фильтрата (в зависимости от предполагаемого содержания фосфора) и поместить в коническую колбочку емкостью 100—150 мл. Добавить 2 мл разбавленной  $H_2SO_4$ , 4 мл 0,5-нормального раствора  $KMnO_4$  и кипятить в течение 2 минут (считая от начала закипания). Избыток  $KMnO_4$  обесцветить прибавлением к горячему раствору 1 мл 10%-ной глюкозы. Содержимое колбы охладить и избыток  $H_2SO_4$  нейтрализовать 10%-ным раствором соды с добавлением трех капель индикатора бета-динитрофенола до появления светло-желтой окраски.

6. Если вытяжка не окрашена, произвести только нейтрализацию  $(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$  раствором  $H_2SO_4$  до слабо-желтого окрашивания с тремя каплями бета-динитрофенола и встряхнуть рукой для удаления  $CO_2$ . Нейтрализация раствора очень важна, так как при сильноокислой реакции результаты анализа будут занижены, а при щелочной — завышены.

7. Бесцветную вытяжку без потерь перенести в мерную колбу емкостью 50 мл, добавить 2 мл молибденового реактива и довести водой почти до метки.

8. Прибавить 0,5 мл раствора хлористого олова, довести до черты, хорошо взболтать и через 5 минут сравнить окраску с окраской образцового раствора в колориметре (образцовый раствор готовится одновременно).

9. Вычислить содержание  $P_2O_5$  (в мг на 100 г почвы) по формуле:

$$X = \frac{a \cdot v \cdot k \cdot 100}{l \cdot H}$$

- где:  $a$  — миллиграммы  $P_2O_5$  в 1 мл образцового раствора;  
 $v$  — миллилитры образцового раствора, взятого в колбочку емкостью 50 мл;  
 $k$  — показания (отсчет шкалы) образцового раствора;  
100 — коэффициент для пересчета на 100 г почвы;  
 $l$  — показания испытуемого раствора (отсчет по шкале колориметра);  
 $H$  — количество почвы (в граммах), соответствующее взятому для анализа объему испытуемого раствора.

Заключение об обеспеченности подвижными формами фосфатов в зависимости от возделываемых культур и содержания  $P_2O_5$  (в мг на 100 г почвы) делают на основании следующего:

Обеспеченность	Для зерновых	Для пропашных	Для овощных
Очень низкая . . . . .	$< 1,0$	$< 1,5$	$< 3,0$
Низкая . . . . .	$< 1,5$	$< 3,0$	$< 4,5$
Средняя . . . . .	$1,5-3,0$	$3,0-4,5$	$4,5-6,0$
Высокая . . . . .	$> 3,0$	$> 4,5$	$> 6,0$

Агрохимическую карту содержания подвижных фосфатов в карбонатных почвах составляет и вычерчивает вся учебная группа на основании определений подвижного фосфора в почвенных образцах, взятых в различных частях одного поля или всего севооборота. В зависимости от содержания  $P_2O_5$  (в мг на 100 г почвы) можно взять следующие цвета раскраски контуров:  $< 1,0$  — красный,  $< 1,5$  — оранжевый,  $1,5-3$  — желтый,  $3-4,5$  — зеленый,  $4-6$  — голубой,  $> 6$  — синий.

### **Определение обменного калия методами Я. В. Пейве и Е. А. Бровкиной и составление карты содержания калия в почвах**

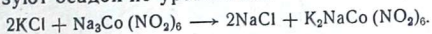
**Материалы и оборудование.** Технохимические весы, прибор Пейве или толстостенная банка емкостью 200—250 мл, мерный цилиндр, штатив с 10 пробирками, градуированная пипетка, лабораторный термометр.

**Реактивы.** 1-нормальный раствор NaCl, 0,2-нормальный раствор HCl, кобальтнитрит натрия  $[Na_3CO(NO_2)_6]$  — химически чистый сухой препарат.

Для определения количества доступного растениям калия в подзолистых почвах и черноземах в настоящее время считается наиболее приемлемым метод Масловой. Сущность этого метода состоит в извлечении калия из почвы 1-нормальным раствором уксуснокислого аммония и из последующего определения калия (после ряда химических операций) хлорплатинатным, пламеннофотометрическим, объемным кобальтнитритным методами или с помощью фотоэлектроколориметра. Окончание анализа объемными методами очень сложно, а фотометрическими — требует специального оборудования, которое во многих учебных заведениях еще отсутствует.

В связи с этим наиболее доступным методом определения калия в подзолистых почвах является метод Я. В. Пейве. Этот метод благодаря своей простоте получил в СССР широкое распространение. Для определения подвижного калия в черноземных почвах пригоден метод Е. А. Бровкиной, представляющий собой сочетание методов А. Т. Кирсанова и Я. В. Пейве.

**Сущность метода.** Вытеснение поглощенного калия из почвы производится обработкой ее 1-нормальным раствором NaCl, при этом воднорастворимый калий также будет извлечен. Определение перешедшего в вытяжку калия осуществляется с помощью сухой соли кобальтнитрита натрия, с которой растворимые соли калия образуют осадок по уравнению:



В основу данного метода положен принцип наименьших концентраций, состоящий в том, что образование осадка при осаждении калия кобальтнитритом натрия происходит лишь до определенной, наименьшей концентрации калия в данном растворе.

**Ход работы.** 1. Отвесить на теххимических весах 25 г почвы и перенести ее в коническую колбу или толстостенную банку.

2. Прилить цилиндром 50 мл 1-нормального раствора NaCl.

3. Встряхивать в течение 5 минут и вытяжку отфильтровать через обычный фильтр.

4. Заготовить штатив с 10 пробирками, имеющими номера.

5. Внести градуированной пипеткой в каждую пробирку определенное количество прозрачного фильтра:

№ пробирки . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Взято прозрачного филъ- трата (мл) . . . . .	5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,0

6. Долить во все пробирки, кроме первой, недостающее до 5 мл количество 1-нормального раствора NaCl (в пробирку № 2 — 1 мл, № 3 — 2 мл и т. д.).

7. Добавить в пробирки № 1, 4 и 7 небольшим стеклянным шпателем примерно по 0,1 г сухого реактива кобальтнитрита натрия. Для этого вначале следует в целях экономии времени приготовить растворы в пробирках № 1, 4 и 7 и пробирки, в которых помутнение появляется быстро, отбросить. Если в пробирке № 4 уже нет помутнения, а в пробирке № 1 есть, то необходимо приготовить пробирки № 2 и 3 для того, чтобы установить предел появления помутнения в пробирках. Так же следует поступать, если в пробирке № 7 помутнение не образуется. Тогда нужно приготовить пробирки № 5 и 6. Если в пробирке № 7 раствор помутнел, то следует приготовить пробирки № 8 и 9, не готовя № 2, 3, 5 и 6.

8. Вставить термометр и налить исследуемый раствор в пробирку № 10.

9. Через 30 минут произвести наблюдение за выпадением осадка и образованием помутнения. Отметить первую пробирку в ряду, в которой осадок не выпал (нет никакого помутнения). Раствор в этой пробирке имеет предельную концентрацию, т. е. при этой концентрации не может быть выпадения осадка в дан-

ных условиях. Так, например, при 20°C она равна 20 мг K<sub>2</sub>O на 1 л, или 0,02 мг K<sub>2</sub>O на 1 мл.

10. Произвести вычисления. Концентрацию K<sub>2</sub>O в миллиграммах на 1 л при данной температуре, когда не происходит образования осадка, разделить на количество вытяжки в пробирке, где не было осадка.

Пример расчета. Анализ проводится при температуре 20°C. Осадок не образовалось в пробирке № 4, в которую было взято 2,5 мл вытяжки: 20 : 2,5 = 8 мг K<sub>2</sub>O на 100 г почвы.

Для вычисления можно пользоваться данными таблицы, приведенной ниже. Для этого нужно найти в вертикальном столбце слева цифру, соответствующую температуре фильтрата, а в горизонтальном ряду — цифру, соответствующую взятому для определения количеству фильтрата. Цифра на пересечении вертикальной и горизонтальной линий показывает искомое содержание K<sub>2</sub>O.

Содержание K<sub>2</sub>O (в мг на 100 г почвы) в почве по методу Пейве

Температура (°C)	Содержание K <sub>2</sub> O (мг на 1 л)	Содержание K <sub>2</sub> O при количестве фильтрата, в котором не наблюдается выпадения осадка или помутнения								
		5 мл	4 мл	3 мл	2,5 мл	2 мл	1,8 мл	1,5 мл	1,2 мл	1 мл
24	24	4,8	6,00	8,0	9,6	12,0	13,5	15,8	20,0	24,0
23	23	4,6	5,70	7,7	9,2	11,5	12,8	15,2	19,1	23,0
22	22	4,4	5,50	7,3	8,8	11,0	12,2	14,6	18,3	22,0
21	21	4,2	5,25	7,0	8,4	10,5	11,6	14,0	17,5	21,0
20	20	4,0	5,00	6,7	8,0	10,0	11,1	13,3	16,7	20,0
19	19	3,8	4,75	6,3	7,6	9,5	10,5	12,6	15,8	19,0
18	18	3,6	4,50	6,0	7,2	9,0	10,0	12,0	15,0	18,0
17	17	3,4	4,25	5,6	6,7	8,5	9,4	11,3	14,4	17,0
16	16	3,2	4,00	5,3	6,4	8,0	8,9	10,7	13,3	16,0
15	15	3,0	3,70	5,0	6,0	7,5	8,3	10,0	12,5	15,0
14	14	2,8	3,50	4,7	5,6	7,0	7,8	9,3	11,7	14,0
13	13	2,6	3,25	4,3	5,2	6,5	7,2	8,6	10,8	13,0
12	12	2,4	3,00	4,0	4,8	6,0	6,7	8,0	10,0	12,0

Запись анализа ведут по следующей форме:

№ почвенного образца	Навеска почвы (г)	Прилитое 1-нормального раствора NaCl (мл)	№ пробирки, в которой не выпал осадок	Температура (°C)	Разведение	Содержание K <sub>2</sub> O (мг на 100 г почвы)	Заключение об обеспеченности почвы доступным для растений калием

## Метод Е. А. Бровкиной

**Сущность метода.** Метод Е. А. Бровкиной основан на извлечении подвижного калия из черноземов 0,2-нормальным раствором HCl (по А. Т. Кирсанову) и дальнейшем определении калия по Я. В. Пейве.

**Ход работы.** 1. Навеску почвы в 15 г поместить в склянку на 200—250 мл и залить 75 мл 0,2-нормального раствора HCl.

2. Суспензию взболтать (1 час) и профильтровать.

3. Взять 50 мл фильтрата в фарфоровую чашку и выпарить на водяной бане досуха.

4. Просушенный остаток прокалить для удаления аммиачных солей и органического вещества.

5. После охлаждения осадка прилить к нему 25 мл 1-нормального раствора NaCl и растворить содержимое, растирая осадок стеклянной палочкой.

6. Жидкость отфильтровать через маленький фильтр в сухую колбочку.

7. Взять 10 пробирок с метками на 5 мл и градуированной пипеткой перенести в них уменьшающиеся количества фильтрата (5; 4; 3; 2,5; 2; 1,8; 1,5; 1,2; 1 мл).

8. Последующую работу выполнять в порядке, описанном для метода Пейве.

**Заключение об обеспеченности почв подвижными формами калия в зависимости от возделываемых культур** делают на основании следующих показателей содержания  $K_2O$  (в мг на 100 г почвы):

Обеспеченность	По Пейве (ВИУА)			По Бровкиной		
	для зерновых, льна и трав	для корнеплодов и картофеля	для овощных культур	для зерновых, льна и трав	для корнеплодов и картофеля	для овощных культур
Очень низкая . . .	$\leq 3$	$\leq 7$	$\leq 10$	$\leq 4$	$\leq 8$	$\leq 14$
Низкая . . . . .	$\leq 7$	$\leq 10$	$\leq 15$	$\leq 8$	$\leq 14$	$\leq 20$
Средняя . . . . .	7—10	10—15	15—20	8—14	14—20	20—30
Высокая . . . . .	$> 10$	$> 15$	$> 20$	$> 14$	$> 20$	$> 30$

Агрохимическую карту содержания подвижных форм калия вычерчивает вся учебная группа на основании определений обменного калия в почвенных образцах, взятых в различных частях полей.

В зависимости от содержания  $K_2O$  (в мг на 100 г почвы) можно взять следующие цвета для раскраски контуров:

Метод	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый	Голубой	Синий
По Пейве . . . . .	$\leq 3$	$\leq 7$	7—10	10—15	15—20	$\geq 20$
По Бровкиной . . .	$\leq 4$	$\leq 8$	8—14	14—20	20—30	$\geq 30$

Следовательно, внимательный осмотр внешнего вида растений и качественный анализ их сока дают много ценных указаний о недостающих элементах питания, а агрохимические картограммы позволяют судить о территориальной обеспеченности растений питательными веществами. Все это необходимо знать для разумного использования удобрений.

### Вопросы для самопроверки

1. Какие химические элементы входят в состав растений?
2. Что такое корневое питание растений и какие элементы поступают через корни?
3. Роль органических и минеральных соединений в корневом питании растений.
4. Как происходит поглощение корнями питательных веществ (механизм их поглощения)?
5. Чем обуславливается избирательная способность растений?
6. Значение влажности и аэрации в корневом питании растений.
7. Роль корневых выделений.
8. Влияние на корневое питание реакции среды и общей концентрации питательных веществ.
9. Какой раствор называется физиологически уравновешенным?
10. Роль микроорганизмов в питании растений.
11. Вынос элементов питания с урожаями.
12. Что такое физиологическая реакция солей?
13. Характер поступления питательных веществ в течение вегетационного периода.
14. Перечислите периоды питания растений.
15. Доступность растениям питательных веществ почвы.
16. Поглощительная способность почв и ее роль в питании растений.
17. Как можно регулировать корневое питание растений?
18. Классификация удобрений.
19. Способы внесения удобрений.
20. Основные правила техники лабораторных работ.
21. Основные внешние признаки растений при недостатке элементов питания.
22. Сущность определения потребности растений в элементах питания анализом сока растений по К. П. Магницкому.
23. В чем различие методов определения подвижных фосфатов по А. Т. Кирсанову и по Б. П. Мачигину?
24. В чем сущность методов определения обменного калия по Я. В. Пейве и Е. А. Бровкиной?
25. Как и для чего составляют агрохимические карты по содержанию в почвах фосфора и калия?

Известкование и гипсование называют также химической мелиорацией почв. Сущность химической мелиорации состоит в улучшении кислых, солонцеватых и солонцовых почв введением кальция в почвенный поглощающий комплекс. Практически это достигается внесением в почвы углекислого и сернокислого кальция, т. е. извести и гипса.

### ИЗВЕСТКОВАНИЕ

**Кислотность почв и значение известкования.** Известкование — важный прием повышения плодородия кислых подзолистых почв. Главная цель известкования состоит в устранении избыточной кислотности и улучшении других свойств почв для получения хорошего урожая.

Различные растения неодинаково относятся к кислотности почв. Для каждого вида растений существует определенный, наиболее благоприятный интервал кислотности. Отклонение от оптимума в сторону кислотности или щелочности ухудшает развитие растений. Большинство сельскохозяйственных культур требует слабокислой, близкой к нейтральной реакции почв (табл. 12).

Повышенная кислотность почв подавляет развитие и деятельность азотфиксирующих, нитрифицирующих и других полезных бактерий. В то же время она способствует развитию почвенных грибов и болезнетворных микроорганизмов, повышающих заболеваемость растений килой, черной ножкой и т. п. (табл. 13).

Понижение активности микробиологических процессов в первую очередь неблагоприятно сказывается на содержании в почве доступных форм азота. Одновременно происходит обеднение почвы фосфором, калием и микроэлементами.

На кислых почвах происходит вымывание элементов питания в лежащие ниже горизонты, обеднение перегноем, разрушение почвенного поглощающего комплекса и связанное с этим разрушение почвенной структуры с ухудшением физических свойств почвы.

Одновременно с этим в кислой почве накапливаются избыточные, вредные для растений количества подвижного алюминия и марганца. Подвижный алюминий обнаруживается в значи-

Таблица 12

## Оптимальные значения рН для роста сельскохозяйственных культур

Культуры	рН							
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	
Люцерна . . . . .								
Сахарная и столовая свекла								
Капуста . . . . .								
Озимая пшеница . . . . .								
Озимая рожь . . . . .								
Яровая пшеница . . . . .								
Кукуруза . . . . .								
Овес . . . . .								
Горох . . . . .								
Клевер . . . . .								
Лен . . . . .								
Картофель . . . . .								
Брюква . . . . .								

Таблица 13

## Влияние реакции почвы на развитие бактерий и грибов

рН	Бактерий в 1 г почвы	рН	Грибов в 1 г почвы
6,2	13 600 000	6,2	26 200
5,5	12 600 000	6,0	29 100
5,1	4 800 000	5,8	73 000
4,8	4 000 000	4,0	110 000

тельном количестве в почвах при рН 4,5—5 и ниже. В условиях естественного произрастания уже при содержании алюминия в количестве 7 мг на 100 г почвы клевер и люцерна начинают выпадать из травостоя. Поступающий в растения алюминий задерживается в корневой системе, которая приобретает уродливые формы.

Подвижный марганец тоже является на кислых почвах отрицательным фактором роста растений.

Особенно чувствительны к повышенному содержанию марганца свекла и люцерна.

Таким образом, избыточная кислотность вызывает ряд неблагоприятных изменений физико-химических и биологических свойств почвы.

Внесением извести создаются нормальные условия для роста сельскохозяйственных культур. Правильное известкование кислых почв может повысить урожайность зерновых культур на 2—7 ц, а корнеплодов и капусты на 30—100 ц с 1 га (табл. 14).



Таблица 14

Прибавки урожая от внесения извести  
(в ц с 1 га)

Культуры	На почвах	
	легких	тяжелых
Рожь и овес (зерно) . . . . .	2—3	3—5
Ячмень (зерно) . . . . .	2—4	3—5
Яровая пшеница (зерно) . . . . .	2—5	2—5
Озимая пшеница (зерно) . . . . .	3—7	3—7
Кормовая свекла и кормовая капуста . . . . .	40—100	40—100
Столовая свекла и капуста . . . . .	30—80	30—80
Клевер (сено) . . . . .	5—10	10—15
Картофель (клубни) . . . . .	3—15	10—30

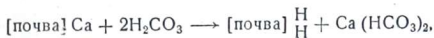
Большинство подзолистых почв нуждается в известковании. Известкование их представляет задачу государственного значения.

**Виды кислотности почв.** В теории и практике известкования, а также применения удобрений различают два вида кислотности почв: актуальную и потенциальную. Последняя, в свою очередь, разделяется на обменную и гидролитическую. Взаимосвязь между различными видами кислотности можно представить следующим образом:



**Актуальная кислотность** — это кислотность почвенного раствора. Главным ее показателем является повышенная концентрация водородного иона ( $H^+$ ). Чаще всего актуальная кислотность обусловлена распадом угольной кислоты в почве ( $H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$ ), но возникает также под влиянием воднорастворимых органических кислот и некоторых минеральных солей.

Образовавшаяся в почве кислота может подвергаться нейтрализации. Если в почвенном поглощающем комплексе находятся катионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  или  $Na^+$ , то при этом возможны следующие взаимодействия:

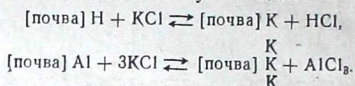


Возможно и прямое взаимодействие с известью.

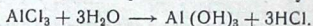
Обнаруживается актуальная кислотность при обработке почв водой с последующим определением в водной вытяжке концентрации водородных ионов с выражением их в единицах рН.

*Потенциальная, или скрытая, кислотность* обуславливается ионами водорода или алюминия, которые находятся в поглощенном почвой состоянии, а не в почвенном растворе. Поглощенные ионы обнаруживаются только при взаимодействии почвы с растворами солей. В зависимости от характера солей, используемых для выявления скрытой кислотности, различают обменную и гидролитическую кислотности почв.

Обменная кислотность обязана наличию водородных ионов и ионов алюминия в почвенном поглощающем комплексе. Обнаруживается она при обработке почв нейтральными солями. Чаще всего для этой цели используется KCl:



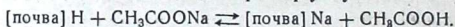
$\text{AlCl}_3$  в почвенном растворе взаимодействует с водой:



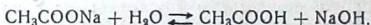
Из этих реакций видно, что обменная кислотность имеет существенное значение при внесении минеральных удобрений. Если в почву вносится большое количество удобрений (например, хлористого калия), то за счет обменной кислотности возможно значительное увеличение кислотности почвенного раствора, что отрицательно скажется на развитии растений. Это обстоятельство следует учитывать при применении удобрений.

При определении обменной кислотности одновременно учитываются и те водородные ионы, которые находятся в почвенном растворе и обуславливают величину актуальной кислотности. В связи с этим величина обменной кислотности всегда больше актуальной для одного и того же почвенного образца. Выражается обменная кислотность также в единицах pH.

Гидролитическая кислотность — это та кислотность, которая обнаруживается в почве при обработке ее гидролитически щелочными солями, например уксуснокислым натрием:



В водном растворе уксуснокислый натрий взаимодействует с водой:



При обработке почвы нейтральной солью (KCl) не все поглощенные ионы водорода переходят в раствор, т. е. величина потенциальной кислотности бывает занижена. В том случае, когда почва обрабатывается гидролитически щелочной солью, в растворе образуется щелочь, которая вытесняет большее количество водорода из поглощенного состояния. Происходит также нейтрализация актуальной кислотности почвы, обуславливаемой наличием водородных ионов в почвенном растворе. В конечном итоге после воздействия уксуснокислым натрием на

почву учитывается не только собственно гидролитическая кислотность, но также обменная и актуальная кислотности почвы.

**Емкость поглощения, степень насыщенности основаниями и буферность почв.** При решении вопросов известкования недостаточно представлений только о видах кислотности почв. Необходимо принимать во внимание емкость поглощения, степень насыщенности основаниями и буферность почв.

Емкостью поглощения ( $E$ ) называется общее количество поглощенных катионов, способных к реакциям обмена. Если поглощенный водород, найденный при определении гидролитической кислотности, обозначить буквой  $H$ , а сумму других катионов ( $Ca$ ,  $Mg$ ,  $K$ ,  $Na$  и т. д.) — буквой  $S$ , то емкость поглощения будет представлять собой сумму этих двух слагаемых:

$$E = H + S.$$

Емкость поглощения тесно связана с наличием органических и минеральных коллоидных частиц, в силу чего она всегда выше на почвах тяжелого механического состава и богатых органическим веществом по сравнению с легкими (песчаными и супесчаными) почвами, особенно при малом содержании органического вещества.

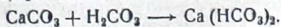
Реакция почвы и ее влияние на растения зависят не только от размеров гидролитической кислотности, но и от того, какая часть от всей емкости поглощения приходится на долю водорода. Для характеристики кислотности с этой стороны пользуются вычислением степени насыщенности основаниями, которая обозначается буквой  $V$  и вычисляется (в процентах) по следующей формуле:

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

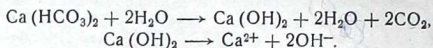
Вредное влияние кислотности почв, а также физиологически кислых и физиологически щелочных удобрений в значительной мере может смягчаться буферностью почв.

**Буферность** — в самом кратком определении — это способность почв сопротивляться сдвигу реакции в кислую или щелочную сторону. Как правило, наибольшей буферностью обладают почвы с высокой емкостью поглощения и с высоким содержанием коллоидных частиц. В практике применения минеральных удобрений и извести на слабобуферных почвах не следует вносить их в высоких дозах.

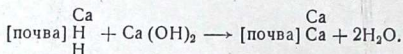
**Взаимодействие извести с почвой и установление нужды в известковании.** При внесении извести в почву она прежде всего нейтрализует находящуюся в почвенном растворе угольную кислоту. При этом нерастворимый в воде карбонат кальция ( $CaCO_3$ ) превращается в растворимый бикарбонат кальция  $[Ca(HCO_3)_2]$ :



Бикарбонат кальция является гидролитически щелочной солью, которая при взаимодействии с водой в почвенном растворе повышает концентрацию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и ионов  $\text{OH}^-$ .



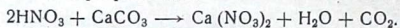
Далее кальций вытесняет водород из почвенного поглощающего комплекса, нейтрализует обменную кислотность:



Известь также нейтрализует свободные (гумусовые и другие органические) кислоты, содержащиеся в кислых почвах:



Одновременно нейтрализуется и азотная кислота, возникающая в процессе нитрификации:



Иными словами, при внесении извести нейтрализуются угольная, азотная и органические кислоты в почвенном растворе, а также ионы водорода в почвенном поглощающем комплексе, т. е. устраняются актуальная и обменная кислотности и значительно снижается гидролитическая кислотность.

Известковать необходимо только те почвы, которые действительно нуждаются в известковании, и только такими дозами, которые нужны для устранения избыточной кислотности. При излишнем известковании или известковании почв, не нуждающихся в этом мероприятии, можно встретиться с фактами ухудшения развития растений в силу того, что создается излишне щелочная неблагоприятная для растений реакция среды.

Приблизительно о потребности почв в известковании можно судить по растительности, произрастающей на полях. Определение кислотности почв по растительности основано на том, что некоторые растения, встречающиеся на лугах и пустошах, могут вполне успешно развиваться на сильнокислых почвах, в то время как на другие растения кислотность оказывает угнетающее, а подчас и губительное действие.

К группе растений, которые могут расти на сильнокислых почвах, относятся торица полевая, пикульник разноцветный, полевика, щучка, белоус, ситник, лютик ползучий, багульник, вереск, щавелек, хвощ (рис. 3). К группе культурных растений, которые не переносят высокой кислотности и плохо растут на кислых почвах, относятся клевер красный, донник, люцерна, лисохвост, райграс, ежа сборная. Поэтому если на лугу или поле преобладают перечисленные растения первой группы, то почва, по-видимому, имеет повышенную кислотность. Большое

количество лебеды и крапивы указывает на то, что почва не только не кислая, но и богатая элементами питания.

Однако не всегда кислотность почв можно установить по произрастающей растительности, так как видовой состав растений нередко определяется наличием в почве питательных веществ, а не кислотностью.

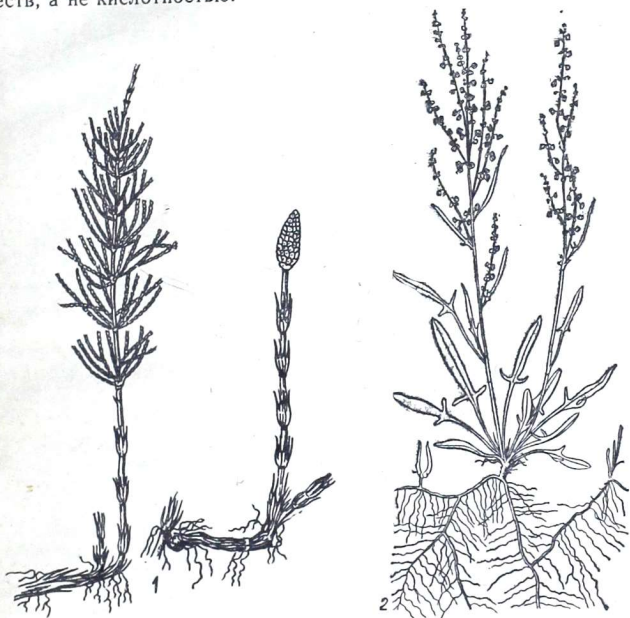


Рис. 3. Сорные растения-индикаторы кислотности почв.

1 — хвощ, 2 — шавелек.

Приблизительно о нуждаемости в известковании можно судить и по морфологическим признакам почвы, например по окраске и мощности почвенных горизонтов. Большое значение в этом случае имеет подзолистый горизонт, находящийся под верхним, гумусированным слоем. Если подзолистый горизонт по окраске белесый и мощность его достигает 10—15 см, то такая почва обычно считается сильноподзолистой и нуждающейся в известковании. Наоборот, если подзолистый горизонт маломощный, слабо выражен и окраска его не белесая, а желтоватая, то почва считается слабоподзолистой и, вероятно, слабонуждающейся или вообще не нуждающейся в известковании.

Не нуждаются в известковании почвы на карбонатных породах, у которых на глубине 40—50 см от поверхности наблюдается вскипание от кислоты. Определенно не нуждаются в известковании также почвы, у которых на поверхности (или в пахотном слое) обнаруживается в большом количестве известковая щебенка или неглубоко залегает известковая плита.

По степени выраженности подзолистого горизонта можно судить о нуждаемости в известковании лишь тогда, когда вопрос стоит об известковании лугов, осваиваемой или недавно освоенной целины. На старопахотных почвах чаще всего верхние горизонты перемешаны или замаскированы приемами обработки и внесением удобрений.

Наиболее точный ответ о нуждаемости в известковании можно получить на основании химического анализа почвенных образцов.

Для решения вопросов известкования необходимы показатели обменной и гидrolитической кислотности почв, суммы поглощенных оснований и расчеты степени насыщенности основаниями. Кроме того, хотя бы полевым, простейшим способом необходимо определить механический состав почвы.

При наличии таких данных нуждаемость в известковании можно установить по таблице, составленной на основании многочисленных полевых опытов с внесением извести, проведенных в нечерноземной полосе (табл. 15).

Таблица 15

Установление нуждаемости почвы в известковании по рН и степени насыщенности основаниями (V)  
(по М. Ф. Корнилову)

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

Таким образом, наиболее правильно нуждаемость в известковании устанавливается по обменной кислотности с учетом степени насыщенности почв основаниями и механического состава.

Если имеется возможность определить только одну обменную кислотность, то оценка потребности почвы в известковании

(применительно к требованиям большинства сельскохозяйственных культур) может быть приблизительно, но все же достаточно удовлетворительно для практических целей определена по обменной кислотности почв. Например, если рН в солевой вытяжке 4,5 и ниже, то потребность в известковании сильная, 4,5—5 — средняя, 5,1—5,5 — слабая, больше 5,5 — очень слабая или отсутствует. Если хозяйство располагает только данными о степени насыщенности основаниями (V), то и в этом случае можно с достаточной определенностью установить нуждаемость в известковании, пользуясь следующими показателями:  $V < 50\%$  — нуждаемость в известковании сильная,  $50—60\%$  — средняя,  $60—70\%$  — слабая,  $V > 70\%$  — нуждаемость в известковании отсутствует.

Установление степени нуждаемости в известковании указывает на очередность проведения этого мероприятия. Так, если нуждаемость в известковании сильная, почвы следует известковать в первую очередь. На почвах первой очереди известкование безусловно нужно проводить даже при значительных затратах на приобретение, доставку и внесение извести. Желательно одновременно вносить полную дозу извести, установленную по степени кислотности; эффективность известкования значительная.

Если нуждаемость в известковании средняя, почвы известкуют во вторую очередь. На почвах второй очереди известкование — необходимое мероприятие, но в крайнем случае можно ограничиться внесением малых доз известковых материалов; эффективность известкования значительная.

Наконец, если нуждаемость в известковании слабая, почвы известкуют в третью очередь. На почвах третьей очереди известкование следует проводить при благоприятных хозяйственных возможностях; эффективность известкования умеренная.

При оценке нуждаемости почв в известковании весьма важно учитывать отношение к кислотности почв и известкованию возделываемых культур. Важнейшие сельскохозяйственные культуры в этом отношении можно разделить на следующие 4 группы.

✓ В I группу входят растения, требующие почв с близкой к нейтральной или слабощелочной реакции. Эти растения наиболее чувствительны к кислотности и очень сильно отзываются на известкование даже на слабокислых почвах: свекла (сахарная, столовая и кормовая), капуста белокочанная, кок-сагыз, рапс, горчица, конопля, донник, люцерна, чеснок, сельдерей, перец, шпинат, лук, смородина.

Во II группу входят растения, нуждающиеся в почвах со слабокислой и близкой к нейтральной реакцией и хорошо отзываются на известкование на среднекислых почвах: пшеница (яровая и озимая), ячмень, кукуруза, горох, соя, фасоль,

конские бобы, клевер, капуста (кормовая и цветная), турнепс, огурцы, салат, яблоня, слива, вишня.

К III группе относятся растения, переносящие умеренную кислотность и по-разному относящиеся к известкованию: 1) положительно отзывающиеся на известкование — рожь, овес, гречиха, тимофеевка; положительное действие извести на эти растения связано не столько с устранением кислотности почвенного раствора, сколько с мобилизацией питательных веществ в почве; 2) не переносящие избытка кальция и предпочитающие известкование пониженными дозами извести или лучше использующие ее последствие — репа, редька, морковь, тыква, кабачки, томаты, редис, арбузы, ревень, петрушка, табак, малина, земляника, груша, крыжовник.

В IV группу входят растения, переносящие повышенную кислотность и преимущественно не нуждающиеся в извести или нуждающиеся в ней только на очень кислых почвах: лен\*, картофель, сераделла, люпин, щавель. При внесении больших доз извести под эти культуры резко ухудшается качество продукции — уменьшается содержание крахмала в клубнях картофеля и снижается номерность льноволокна. Картофель на известкованных почвах поражается паршой, а лен — бактериозом.

Отрицательное влияние больших доз извести на эти культуры связано не столько с изменением реакции питательной среды, сколько с уменьшением в почве доступного растениям бора и увеличением концентрации кальция. Под эти культуры допустимо (на очень кислых почвах) внесение лишь небольших доз известковых материалов, преимущественно содержащих в своем составе магний.

Таким образом, известкование необходимо проводить, ориентируясь в основном на требования культур I и II групп. Культуры III группы в большинстве случаев могут достаточно успешно развиваться и без известкования (исключением является возделывание их на почвах, отличающихся наиболее высокой кислотностью). Внесение извести под культуры IV группы существенного практического значения не имеет.

**Дозы извести.** Дозы устанавливают в зависимости от степени кислотности почв, их механического состава, отношения сельскохозяйственных культур к кислотности и способа внесения извести. На средне- и сильнокислых почвах для устранения избыточной кислотности во всем пахотном слое под большинство сельскохозяйственных культур обычно применяются полные дозы извести.

Полную дозу извести находят умножением показаний гидролитической кислотности, выраженной в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы, на коэффициент 1,5, представляющий собой результат расчета количества извести в тоннах на 1 га пахот-

\* Некоторые авторы относят лен к III группе.



ного слоя почвы на 1 мг·экв водорода. Так, например, при гидролитической кислотности, равной 3 мг·экв, доза извести равна  $3 \times 1,5 = 4,5$  т на 1 га.

Большие дозы извести при их единовременном внесении могут резко сдвинуть реакцию в щелочную сторону и неблагоприятно отразиться на развитии льна, картофеля и некоторых других культур, особенно на легких почвах, не обладающих достаточной буферностью. В практике известкования поэтому обычно не рекомендуется на минеральных почвах единовременное внесение извести в дозах более 6 т на 1 га.

В севооборотах с большими площадями возделывания льна и картофеля дозы извести снижают. В хозяйствах, где возделывается много картофеля и льна, доза извести обычно не должна превышать дозы, соответствующей  $1/2$  гидролитической кислотности; лучше применять известковые материалы, содержащие магний (табл. 16).

Таблица 16

Практические поправки к расчетам доз извести по гидролитической кислотности

Севообороты	Доза извести в долях от полной по гидролитической кислотности			
	на некультуренных и слабокультуренных почвах			на всех почвенных разностях хорошо окультуренных почв
	тяжелых	средних	легких	
С низким содержанием льна и картофеля (до 15 %) . . . . .	1	$3/4$	До $1/2$	1
С высоким содержанием льна и картофеля (свыше 15 %) . . . . .	$3/4$	$1/2$	До $1/2$	$3/4$

В хозяйствах северных районов, имеющих посевы сахарной свеклы, дозы извести следует увеличивать до доз, рассчитанных по полуторной и даже двойной гидролитической кислотности, с обязательным внесением борных удобрений.

При отсутствии данных по гидролитической кислотности для установления примерных доз извести можно пользоваться и показаниями обменной кислотности почв (табл. 17).

Для торфяных кислых почв допускаются более высокие дозы, достигающие на верховых болотах 8—10 т на 1 га.

В настоящее время многие хозяйства нечерноземной полосы уже имеют картограммы кислотности почв (рис. 4). В ближайшие годы картограммы будут составлены или обновлены по всем колхозам и совхозам. На картограммах и в прилагаемых к ним рекомендациях указывается не только степень кислотности почвы, но и дозы извести для каждого поля, что значительно облегчает обоснованное применение извести. При необ-

Дозы извести ( $\text{CaCO}_3$ ) по обменной кислотности

Почвы по механическому составу	Доза (т/га) при pH в солевой вытяжке					
	4,5 и ниже	4,6	4,8	5	5,2	5,5
Супесчаные и легкосуглинистые . . . . .	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Средне- и тяжелосуглинистые . . . . .	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

ходимости уточнение дозы на отдельных участках легко сделать на основании определения обменной кислотности (pH) почвенного образца в ближайшей агрохимической лаборатории или в самом хозяйстве. Для этой цели используется очень простой прибор Н. И. Алямовского.

Лучше всего вносить полные дозы извести с осени под зяблевую вспашку. В этом случае достигается хорошее перемешивание извести со всем пахотным слоем.

Высокий эффект от извести уже в первый год ее применения достигается послыйным внесением, при котором  $\frac{3}{4}$ — $\frac{2}{3}$  дозы вносят под плуг,  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ — под культиватор.

Внесение полных доз извести—мероприятие очень эффективное и с длительным последствием, но трудоемкое. В связи с этим в практике сельскохозяйственного производства часто прибегают к известкованию малыми дозами.

Применение малых доз извести рассчитано на нейтрализацию кислотности почвы в зоне прорастания семян. Малые дозы извести вносятся неглубоко—в зону развития молодых корней, которые особенно чувствительны к кислотности почвенного раствора. В этом случае применяются половинные и еще меньшие дозы. При внесении 1—2 т извести на 1 га ее не перемешивают с почвой на всю глубину пахотного слоя, а распределяют в верхнем слое на глубине 8—10 см. С этой целью малые количества извести заделывают культиватором или тяжелой бороной. Еще меньшие дозы (0,5—1 т на 1 га) извести берут при местном внесении в лунки при посадке рассады капусты, в рядки—при посеве свеклы и т. п.

Внесение малых доз извести может создать благоприятные условия для получения хорошего урожая той культуры, под которую она вносится, но не окажет должного положительного действия для существенного повышения урожайности последующих культур. В связи с этим производят повторные внесения малых доз извести с таким расчетом, чтобы устранить избыточную кислотность по возможности в более короткий срок. Практически в большинстве случаев целесообразнее применять полные дозы извести. Полные дозы извести безусловно необходимы

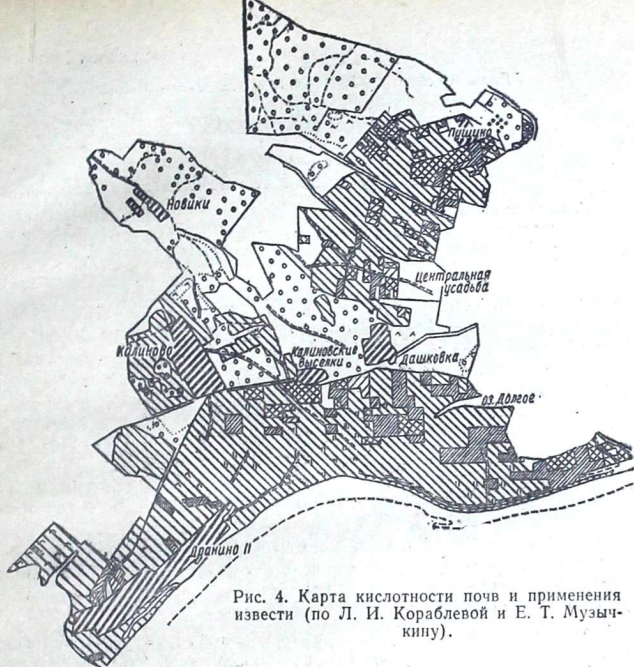


Рис. 4. Карта кислотности почв и применения извести (по Л. И. Кораблевой и Е. Т. Музычкину).

Условные обозначения

Штриховка	рН в солевой вытяжке	Степень кислотности	Дозы извести (т/га) на почвах	
			дерново-подзолистых суглинистых	дерново-подзолистых супесчаных*
	Меньше 4,5	Сильная	6	4
	4,6—5,0	Средняя	5	3
	5,1—5,5	Слабая	3	2
	Больше 5,6	Близкая к нейтральной	—	—

\* В севооборотах с картофелем доза извести уменьшается в 2 раза.

при углублении пахотного слоя кислых почв, на целинных участках и старопахотных, обладающих особенно значительной кислотностью (сильно нуждающихся в известковании), так как это способствует более быстрому вовлечению их в нормальное сельскохозяйственное использование.

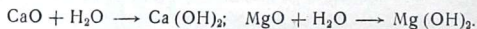
**Формы известковых материалов.** Известковые материалы, применяемые в качестве удобрений, добываются из залежей, так как природа сама устроила «известковые кладовые». Некоторые известковые материалы являются отходами различных промышленных производств. Краткая характеристика наиболее распространенных известковых материалов приводится ниже.

Молотый известняк ( $\text{CaCO}_3$ ) — основное известковое удобрение, получается при размоле твердых известняков. Общее содержание карбонатов 75—100%\*.

Молотый доломитизированный известняк ( $\text{CaCO}_3$  до 56% и  $\text{MgCO}_3$  до 42%) получается путем размола доломитизированных известняков. Общее содержание карбонатов 75—108%. Доломитизированный известняк (так же как и другие удобрения, содержащие магний) оказывает хорошее действие на почвах легкого механического состава, бедных магнием, и особенно при выращивании сахарной свеклы, кукурузы, картофеля, бобовых и льна.

Жженая, или комовая, известь ( $\text{CaO}$ ) получается при обжиге твердых известняков, при этом карбонаты теряют углекислый газ и превращаются в окиси кальция и магния, общее содержание которых в пересчете на  $\text{CaCO}_3$  достигает 178%.

Гашеная известь, или пушонка [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ], образуется в результате гашения жженой извести водой перед внесением в почву. Это тонкий, рассыпающийся порошок, в котором общее содержание окиси кальция и магния в пересчете на  $\text{CaCO}_3$  доходит до 135%.



Иногда гашение проводят прямо в поле, присыпая жженую известь влажной землей.

Гашеная известь лучше растворяется в воде, чем углекислая, поэтому действие ее более быстрое.

Из мягких известковых пород, которые не требуют размола, следует отметить туфы, торфотуфы, гажу и мергель. Все они содержат кальций в форме углекислой соли ( $\text{CaCO}_3$ ).

Туфы (ключевая известь) и гажа (озерная известь) добываются из залежей по берегам рек, озер и ключей. Общее содержание карбонатов 75—96%. Действуют быстрее, чем молотый известняк.

---

\* Общее содержание карбонатов во всех случаях дается в пересчете на  $\text{CaCO}_3$ . По ГОСТу оно должно быть не менее 85%.

Торфотуфы встречаются в основании низинных торфяников. Обычно они богаты известью. Применяются одновременно как известковое и органическое удобрение. Карбонатов содержат от 10 до 50%.

В качестве известковых удобрений используются многие отходы промышленности.

Сланцевая зола получается при сжигании горючих сланцев на электростанциях, промышленных предприятиях, железных дорогах. Сланцевая зола электростанций на дожде сильно цементируется, и поэтому при вывозке в поле ее необходимо немедленно рассеять. На кирпичных заводах и других предприятиях при сжигании сланца в кусках получается удобрение, которое не цементируется. По химическому составу сланцевая зола представляет собой смесь силикатов, окисей и карбонатов кальция и магния. В качестве примесей содержит большое количество микроэлементов.

По эффективности превосходит многие другие известковые материалы, но обладает очень сильными пылящими свойствами, что затрудняет ее применение. Общее содержание карбонатов 65—80%.

Белитовый шлак — отход алюминиевого производства с общим содержанием извести до 80—90%. Обычно получается с большим содержанием влаги (до 65%), поэтому требует подсушки. Для подсушивания его разливают на специальных участках. Почти не цементируется, поэтому может храниться в больших штабелях на обочинах полей.

Цементная пыль — отход цементной промышленности, общее содержание карбонатов до 86%. По свойствам сходна со сланцевой золой электростанций (цементируется). В качестве примесей содержит калий (около 3,5%  $K_2O$ ). Иногда содержание окиси калия достигает 10—15%, и тогда цементная пыль применяется как калийное удобрение.

Мартеновский шлак — отход, получающийся при производстве стали. Нейтрализующая способность его в пересчете на известь до 90%. Содержит силикаты кальция и магния, а также окиси этих элементов. В качестве примесей находятся фосфор, марганец и некоторые другие микроэлементы.

Дефекационная грязь [ $CaCO_3$  и  $Ca(OH)_2$ ] — отход свеклосахарной промышленности. Общее содержание карбонатов около 70%. В качестве примесей имеет до 0,5% N, до 2%  $P_2O_5$  и 0,9%  $K_2O$ . Требуется подсушка.

Кроме перечисленных, в качестве известковых материалов могут применяться следующие отходы производств: доменный шлак, шлак мартеновского литья, газовая известь, отзол, дунитовая мука, карбидная известь, нефелиновые хвосты, торфяная зола, отходы целлюлозно-бумажных фабрик и некоторые другие.

Эффективность различных известковых материалов более или менее одинакова. Экономически следует предпочитать те, которые удобнее для хозяйства и более дешевы.

**Внесение извести.** Известкование, устраняя вредную кислотность, создает благоприятные условия для большей эффективности органических и минеральных удобрений. В связи с этим наибольшее повышение урожая получается при сочетании извести с различными органическими и минеральными удобрениями.

Однако при непосредственном смешивании больших доз извести с аммиачными формами азотных минеральных удобрений, торфоминеральными аммиачными удобрениями и навозом возможны большие потери азота в виде аммиака. При смешивании больших доз извести с суперфосфатом происходит превращение легкорастворимых соединений фосфора в менее растворимые и менее доступные для растений. Плохие результаты дает взаимодействие извести с некоторыми микроудобрениями, например с борными.

В целях устранения потерь питательных веществ из удобрений или снижения доступности содержащихся в них элементов питания известь и другие удобрения вносят в одно и то же поле, но в разные сроки или заделывают в почву отдельно, по возможности в разные слои почвы. Например, для того чтобы не снижать растворимость фосфоритной муки, ее вносят под осеннюю обработку почвы, а известь — весной; в другом случае осенью под вспашку вносят фосфоритную муку, а известь — под культивацию.

При совместном внесении извести с навозом или компостом сначала рассевают известь, затем вносят органические удобрения и вместе запахивают.

Внесение извести совместно с минеральными удобрениями вполне допустимо и желательно, но только в небольших дозах, рассчитанных на нейтрализацию физиологически или химически кислых удобрений. В этом случае на 1 ц минеральных удобрений обычно приходится от 0,5 до 1,2 ц извести.

Основным агрохимическим требованием, предъявляемым к рассеву известковых материалов (как и к внесению других удобрений), является равномерное распределение их по поверхности поля.

## ГИПСОВАНИЕ

Гипсованием называется внесение гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) в почву. Следует различать два пути применения гипса.

1. Применение гипса в нечерноземной полосе. Здесь гипс вносится как источник кальция и серы для растений. Такое внесение гипса может быть целесообразно для культур, хорошо отзываящихся на кальций и серу (например, клевера и люцерны).

Как источник кальция и серы гипс вносят в сравнительно невысоких дозах — 3—4 ц на 1 га.

2. Применение гипса на солонцах и солонцеватых почвах как средство улучшения почв. Этот путь имеет наибольшее значение, поэтому рассмотрим его более подробно.

**Взаимодействие почвы с гипсом.** Солонцы характеризуются тем, что на небольшой глубине от поверхности у них находится очень плотный слой глыбистого или призматического строения, который и обуславливает крайне неблагоприятные свойства этих почв. В сухом состоянии солонцы отличаются высокой твердостью, затрудняющей проникновение корней и обработку почв, во влажном — вязкостью, заплыванием и медленным просыханием, т. е. очень плохими физическими свойствами.

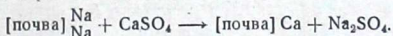
В поглощающем комплексе солонцов находится большое количество натрия, а в верхних слоях в почвенном растворе иногда содержится довольно много соды. Реакция почвенного раствора у солонцов, как правило, щелочная.

Чаще всего солонцы и солонцеватые почвы встречаются в засушливых районах юго-востока и юга СССР, в орошаемых районах Средней Азии и Западной Сибири. Очень часто солонцеватые почвы составляют до 25% почвенного покрова. Всего по стране насчитывается более 100 млн. га солонцов и солонцеватых почв.

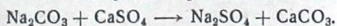
Солонцы расположены в районах с теплым климатом, благоприятным для возделывания особенно ценных сельскохозяйственных культур. Очень часто солонцы находятся в комплексе с южными черноземами, каштановыми почвами и сероземами. Помимо того, что солонцы сами являются в большинстве случаев малопригодными землями, они, залегая пятнами среди плодородных земель, затрудняют их обработку, в силу чего неполностью используются и эти плодородные почвы.

Основным способом коренного улучшения солонцов и солонцеватых почв является их гипсование. Метод гипсования разработан академиком К. К. Гедройцем и в последнее время успешно применяется в практике сельскохозяйственного производства.

Теоретическим основанием для гипсования солонцов является их способность обменивать натрий почвенного поглощающего комплекса на кальций, внесенный в форме гипса. При этом происходит такое взаимодействие:



Содержащаяся в почве сода при взаимодействии с гипсом также устраняется по следующей реакции:



Получившаяся в результате взаимодействия гипса с почвой соль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  является нейтральной и хорошо растворимой; она

может быть вымыта из почвы атмосферными осадками или поливными водами\*.

**Дозы гипса.** Их устанавливают на основании определений количества в почве поглощенного натрия. Если почвы содержат поглощенного натрия 5% от суммы поглощенных оснований (или 3 мг·экв на 100 г почвы), то они не подлежат гипсованию потому, что такое количество натрия значительно не ухудшает физические свойства почвы и не вредит растениям. Натрий, обнаруженный в таком количестве, принято называть неактивным. Дозу гипса рассчитывают не на полное замещение поглощенного натрия, а на замещение только активного натрия. Активный натрий, вредный для растений, — это натрий, превышающий 5% от суммы поглощенных оснований.

Для расчета дозы гипса по найденному в почве количеству поглощенного натрия удобно пользоваться следующей формулой:

$$X = 0,086 (Na - 0,05S) \cdot H \cdot d,$$

где:  $X$  — доза гипса;

0,086 — мг·экв гипса;

$Na$  — содержание поглощенного натрия (в мг·экв на 100 г почвы);

$S$  — сумма поглощенных оснований (в мг·экв на 100 г почвы);

$H$  — солонцовый горизонт в пахотном слое почвы (в см);

$d$  — удельный вес солонцового горизонта.

Приведем цифровой пример. Допустим, что общее количество поглощенного натрия составляет 10 мг·экв; сумма поглощенных оснований — 40 мг·экв; солонцовый горизонт в пахотном слое — 9 см, а удельный вес солонцового горизонта — 1,4, тогда формула будет иметь следующий вид:

$$0,086 (10 - 0,5 \cdot 40) \cdot 9 \cdot 1,4 = 8,7 \text{ т на } 1 \text{ га.}$$

Различные материалы, применяемые для гипсования, содержат неодинаковое количество гипса. Предположим, что содержание гипса в удобрении 87%. Отсюда окончательное количество удобрения составит 10 т на 1 га; 100 т удобрений содержат 87 т гипса,  $X = 8,7$  т:

$$X = \frac{100 \cdot 8,7}{87}.$$

Так рассчитывается доза гипса по поглощенному натрию. При таком расчете получаются довольно большие дозы, которые иногда хозяйству внести бывает трудно. В этих случаях, так же как и при известковании, ограничиваются применением более низких доз гипса при условии его повторного внесения спустя несколько лет.

\* Специальное промывание проводится в том случае, если почвы содержат натрия более 20% от емкости поглощения.



Практически можно ограничиться следующими дозами: на содовых, корковых солонцах — до 10 т гипса, на средне- и глубоко-столбчатых — 3—5 т и на солонцеватых почвах — 1—3 т гипса на 1 га.

Наиболее благоприятные условия для действия гипса создаются на орошаемых участках. Поэтому при орошении дозы гипса могут быть снижены на 25—30% по сравнению с применяемыми на неорошаемых участках.

Гипсование отличается длительным последствием.

**Материалы для гипсования и их эффективность.** Гипс молотый ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) получается при размоле природных залежей гипса. Это мука белого или серого цвета, содержащая 71—73% гипса. Влажность ее не должна превышать 8%. При более высокой влажности мука слеживается, превращаясь в комковатую, глыбистую массу, что затрудняет ее применение в качестве удобрения. Поэтому хранить ее следует под крышей и перевозить в крытых вагонах.

**Фосфогипс** — отход при производстве фосфорных удобрений (преципитата и двойного суперфосфата). Содержание гипса достигает 70—75%. В качестве ценной примеси содержит около 2—3%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Условия хранения и перевозки те же, что и для молотого гипса.

**Штукатурный гипс, или алебастр**, — строительный материал, получается при нагревании гипса до 120—130° С. В качестве удобрения применяется редко.

Наиболее высокий эффект дает гипсование солонцов в черноземно-степной зоне, в которой прибавки зерна от внесения гипса составляют от 3 до 6 ц на 1 га. Несколько меньший эффект отмечен на каштановых почвах, где прибавки зерна составляют от 2 до 3 ц на 1 га.

Урожайность сахарной свеклы на гипсованных солонцах повышается на 30—70 ц на 1 га. При орошении прибавки урожая различных сельскохозяйственных культур от гипсования бывают значительно выше.

Следует рекомендовать также совместное внесение суперфосфата и сульфата аммония, при систематическом применении которых в обычных дозах можно получить за ротацию севооборота 1—2 т гипса на 1 га.

**Внесение гипса.** Если почвенные массивы имеют до 30% солонцов в виде пятен, их гипсуют выборочно. Если же пятен солонцов более 30% и они окружены солонцеватыми почвами, проводят сплошное гипсование.

Растворимость гипса, а отсюда быстрота его действия и эффективность тем больше, чем выше степень его перемешивания с солонцовым слоем почвы и чем выше влажность последней. Оба эти условия обеспечиваются при внесении гипса в паровое поле. В паровом поле почва накапливает наибольшее количество влаги, а летняя обработка его обуславливает хорошее пе-

ремешивание гипса с почвой. Таким образом, основную массу гипса лучше вносить осенью при подъеме пара. Можно вносить гипс и в других полях при зяблевой обработке.

На глубокостолбчатых солонцах, где солонцовый горизонт расположен на глубине 20 см и более, гипс заделывают плугами с предплужниками. При залегании солонцового горизонта более мелко, например на глубине 7—20 см, гипс вносят в два приема — часть его заделывают плугом с предплужниками, а другую часть вносят перед культивацией. На мелких, или корковых, солонцах весь гипс вносят перед культивацией.

Действие гипса наиболее полно проявляется на почве, богатой органическим веществом. Поэтому гипс лучше всего вносить совместно с навозом (табл. 18), компостом или перед посевом на зеленое удобрение донника, желтой люцерны и др.

Таблица 18

Эффективность гипса на посевах озимой пшеницы на фоне навоза (в ц с 1 га)

Вариант опыта	Урожай зерна	Прибавки урожая
Контроль . . . . .	13,9	—
Гипс . . . . .	19,4	5,5
Навоз . . . . .	19,5	5,6
Навоз + гипс . . . . .	23,9	10,0

В зимний период на участках, где внесен гипс, обязательно проводят снегозадержание. На пологих склонах для повышения увлажненности гипсованных почв большое практическое значение имеет бороздование поперек склона. С этой же целью можно рекомендовать мульчирование.

Заслуживают внимания и другие приемы улучшения солонцеватых почв. Некоторые солонцеватые почвы содержат под уплотненным горизонтом значительное

количество гипса. В этом случае целесообразно проведение глубокой вспашки (на 35—50 см) с тем, чтобы вывернуть на поверхность гипсоносные слои почвы. Такой прием называется с а м о г и п с о в а н и е м.

### МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ИЗВЕСТКОВАНИЮ И ГИПСОВАНИЮ

Химизация и механизация земледелия являются важнейшими путями интенсификации сельского хозяйства. Механизация работ по применению удобрений освобождает колхозы и совхозы от тяжелого ручного труда. Высокая производительность машин позволяет вносить удобрения в сжатые сроки, т. е. своевременно, что обеспечивает наиболее полное их использование и высокую эффективность.

Многообразие работ, связанных с применением удобрений, привело к созданию большого количества разнообразных машин. Подробное описание этих машин излагается в специальных учебниках и руководствах по механизации. В настоящем учебнике представляется возможным дать только общие понятия по механизации применения удобрений, в том числе известки и гипса.

Для рассева минеральных удобрений, слабопылящих известковых материалов и гипса уже начали поступать в механизированные отряды «Сельхозтехники» новые высокопроизводительные разбрасыватели КСА-3 (рис. 5). Этот разбрасыватель, установленный на шасси автомобиля ЗИЛ-ММЗ-555, имеет

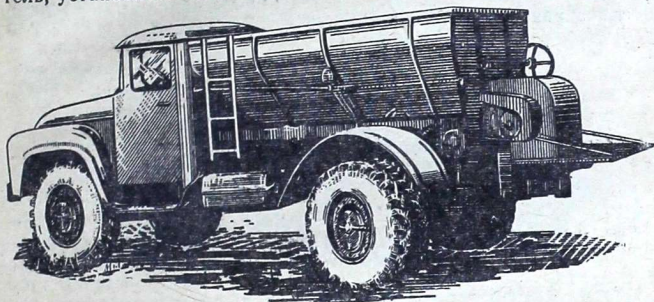


Рис. 5. Разбрасыватель удобрений КСА-3.

производительность 15 га/час, грузоподъемность 4 т и рабочую скорость 30 км/час; ширина разбрасывания 6—14 м.

Для транспортировки и рассева по поверхности почвы пылевидных известковых материалов предназначен автомобиль-разбрасыватель АРУП-8 (рис. 6). Он представляет собой автопоезд,

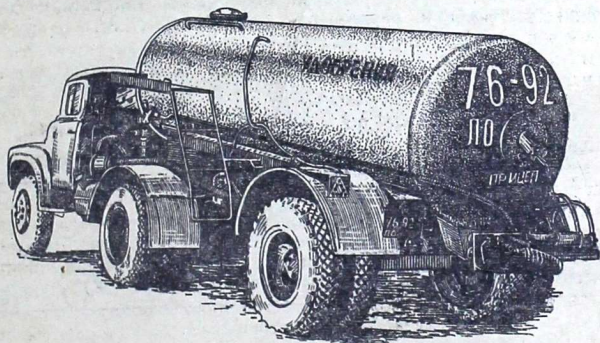


Рис. 6. Автомобиль-разбрасыватель пылевидных удобрений АРУП-8.

состоящий из специально оборудованного тягача ЗИЛ-130В1 и цистерны-полуприцепа; грузоподъемность 8 т. Рекомендован в серийное производство разбрасыватель пылевидных удобрений

РУП-8А (рис. 7), представляющий собой специальную цистерну-полуприцеп, агрегатируемую с трактором Т-150К.

Рассев извести и гипса можно производить с помощью уже имеющихся в хозяйстве машин, например РУП-5-10, ТР-1, РМИ-2А, СТС-15, СТН-2,8, СТШ-2,8, РУМ-3, специальных разбрасывателей извести РИ-2,5, РИЦ, приспособлений РКМ-500М к навозоразбрасывателям ПТУ-3,5, ТУП-3,0А и т. д.

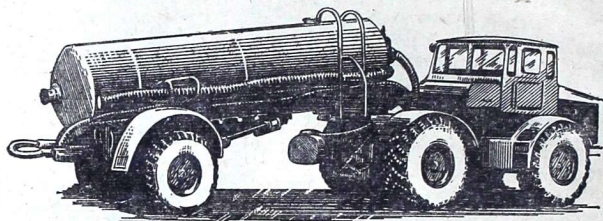


Рис. 7. Разбрасыватель минеральных удобрений и извести РУП-8А.

В настоящее время разработана новая технология известкования. Основывается она на использовании пневматических средств механизации на всех этапах работы. Для этого при перевозках на большие расстояния применяются железнодорожные цистерны-цементовозы, силосные сооружения для хранения пылевидной извести, вакуум-разгрузчики, вакуум-погрузчики и минераловозы, с помощью которых известь доставляется на поля и рассеивается или, вернее, распыляется (рис. 8).

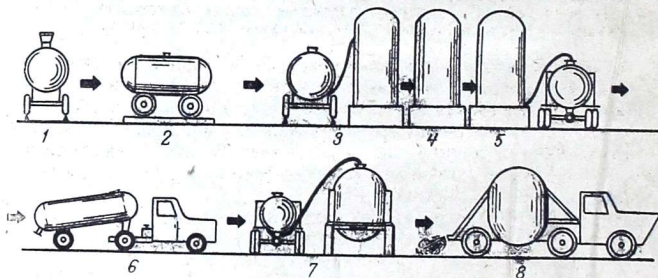


Рис. 8. Технологический процесс погрузки, выгрузки и внесения известняковой муки.

1 — пневматическая погрузка на заводе известняковой муки в железнодорожную цистерну, 2 — перевозка по железной дороге, 3 — пневматическая перегрузка в склад-силос, 4 — хранение в складе-силосе, 5 — пневматическая перегрузка в автотранспорт, 6 — перевозка от склада-силоса к месту внесения, 7 — перегрузка в тракторный пневморазбрасыватель, 8 — рассев в поле.

Применение новой технологии обеспечивает герметическую транспортировку, перегрузку и хранение известковых удобрений, способствует повышению темпов известкования, значительному сокращению затрат средств и труда при улучшении санитарно-гигиенических условий работы.

По данным Научно-исследовательского института сельского хозяйства центральных районов нечерноземной полосы, известь тонкого помола (частиц размером меньше 0,25 мм 77,15%) по сравнению с известью грубого помола (частиц размером меньше 0,25 мм 39,80%) давала более высокие прибавки урожая, быстрее и в большей степени улучшала агрохимические свойства почвы. Результаты сравнения работы двух механизированных отрядов Звенигородского объединения «Сельхозтехники» Московской области, один из которых применял старую, а другой — новую технологию, приведены в табл. 19.

Таблица 19  
Результаты сравнения работы механизированных отрядов по старой и новой технологии

Технология	Дневная выработка (за)	Стоимость 1 за известкования при дозе 4 м/га (р.-к.)	Затраты труда (человеко-дней на 1 за)
Старая . . . . .	8—12	33—57	1,7
Новая . . . . .	40—50	24—26	0,3

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### Определение актуальной кислотности почвы (или рН водной вытяжки)

**Материалы и оборудование.** Образец почвы, теххимические весы, небольшая колбочка, 1—2 пробирки, образцовая шкала кислотности.  
**Реактивы.** Дистиллированная вода, универсальный индикатор.

**Сущность метода.** Определение рН в водной вытяжке из почвы дает реакцию почвенного раствора, обусловленную в основном диссоциированной частью кислот, а также кислых и щелочных солей. Величину рН определяют колориметрически с прибавлением к водной вытяжке универсального индикатора, который обладает свойством изменять окраску в зависимости от концентрации водородных ионов.

- Ход работы.** 1. Отвесить на теххимических весах 5 г почвы; поместить навеску в коническую колбу небольшого размера.
2. Прилить 12,5 мл дистиллированной воды.
  3. Колбу с содержимым хорошо взболтать в течение 3—5 минут и профильтровать через обычный фильтр в пробирку.
  4. Взять 3 мл фильтрата в другую пробирку и прибавить в нее 2—3 капли универсального индикатора.
  5. Взболтать содержимое пробирки.
  6. После взбалтывания пробирку поместить в гнездо образ-

цовой шкалы для сравнения окраски испытуемого раствора с окраской шкалы.

7. Записать результат сравнения в тетрадь по следующему образцу:

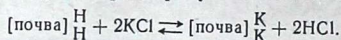
№ почвенного образца	Навеска почвы (г)	Прилито воды (мл)	Взято на определение филтрат (мл)	Актуальная кислотность (рН)

### Определение обменной кислотности с помощью прибора Н. И. Алямовского и составление карты кислотности почв

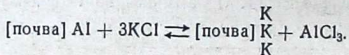
**Материалы и оборудование.** Образец почвы, теххимические весы, градуированная пипетка, прибор Алямовского.

**Реактивы.** 10%-ный раствор HCl или KOH, 1-нормальный раствор KCl (74,56 г соли растворяют в 400—500 мл дистиллированной воды и доводят ее до объема 1 л, раствор должен иметь рН 5,6—6, в противном случае добавляют немного по каплям 10%-ного раствора HCl или KOH до получения заданного значения рН).

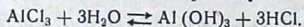
**Сущность метода.** Обменная кислотность обнаруживается при обработке почвы раствором KCl. При обработке почвы нейтральной солью в растворе образуется кислота:



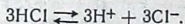
Если источником обменной кислотности является алюминий, реакция протекает следующим образом:



Хлористый алюминий — гидролитически кислая соль, которая в водном растворе подвергается гидролизу с образованием HCl:



В результате в почве и вытяжке появляются новые порции водородных ионов:



Степень кислотности определяется по изменению цвета индикатора.

Индикатор обладает способностью менять окраску при изменении реакции среды. Сравнивая окраску испытуемого раствора с окраской образцовой шкалы, определяют кислотность вытяжки, которую и выражают в единицах рН.

При определении обменной кислотности учитываются также свободные ионы водорода, обуславливающие наличие актуаль-

ной кислотности. Таким образом, в вытяжке КСl фактически определяется сумма двух кислотностей — обменной и актуальной. Однако результаты, полученные при таком определении, условно принимаются за величину обменной кислотности.

**Ход работы.** 1. В пробирку с двумя метками насыпать почву до нижней метки.

2. Прилить к почве до верхней метки раствор КСl.

3. Закрывать пробирку резиновой пробкой и хорошо взболтать (в течение 5 минут).

4. Дать жидкости отстояться до полного осветления.

5. Перенести пипеткой 5 мл прозрачной жидкости в чистую пробирку.

6. Прибавить туда же 5—6 капель комбинированного индикатора, закрыть пробирку чистой каучуковой пробкой и хорошо взболтать.

7. Цвет раствора сравнить с окраской образцовой шкалы.

8. Полученные данные записать в рабочую тетрадь по следующей форме:

№ почвенного образца	Обменная кислотность (рН)	Степень нуждаемости почвы в известковании	Механический состав почвы	Примерная доза извести

Степень нуждаемости в известковании устанавливается по табл. 15 настоящего учебника, а дозы извести — по табл. 17.

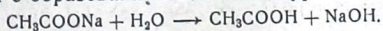
Карту кислотности вычерчивает вся учебная группа на основании определений обменной кислотности в почвенных образцах, взятых в различных частях полей. Для обозначения контуров почв с различными интервалами рН можно взять следующие цвета: < 4 — красный, 4,5 — оранжевый, 4,6—5 — желтый, 5,1—5,5 — зеленый, 5,6—6,0 — голубой, > 6 — синий.

### Определение гидролитической кислотности почвы

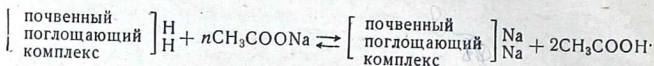
**Материалы и оборудование.** Образец почвы, теххимические весы, толстостенная банка емкостью 200—250 мл с пробкой, ротатор или качалка для взбалтывания, бюретка на 50—100 мл, воронка, фильтр, коническая колбочка или стаканчик емкостью 100 мл, титровальная установка, пипетка на 25—50 мл.

**Реактивы.** 1-нормальный раствор уксуснокислого натрия, фенолфталеин, 0,1-нормальный раствор щелочи.

**Сущность метода.** Гидролитическая кислотность обнаруживается при обработке почвы растворами гидролитически щелочных солей (например, уксуснокислым натрием), которые разлагаются водой с образованием щелочи по уравнению:



При взаимодействии почвы с раствором уксуснокислого натрия происходит энергичное вытеснение ионов водорода из поглощающего комплекса:



При взаимодействии почвы с уксуснокислым натрием натрий более полно и менее обратимо вытесняет из поглощающего комплекса ионы водорода, чем хлористый калий. Происходит также нейтрализация актуальной кислотности почвы, обусловливаемой наличием водородных ионов в почвенном растворе. В итоге после воздействия уксуснокислого натрия на почву учитывается не только собственно гидролитическая кислотность, но также актуальная и обменная кислотности. Поэтому величина, называемая условно гидролитической кислотностью, на самом деле представляет сумму всех форм кислотности почвы.

**Ход работы.** 1. На теххимических весах отвесить 20 г почвы и поместить в толстостенную стеклянную банку.

2. Прилить 50 мл 1-нормального раствора уксуснокислого натрия.

3. Банку закрыть пробкой и содержимое ее взболтать (в течение часа) на ротаторе.

4. Полученную суспензию отфильтровать через обычный фильтр.

5. Взять 25 мл фильтрата в коническую колбочку или химический стаканчик.

6. Прилить 2—3 капли фенолфталеина.

7. Титровать 0,1-нормальным раствором щелочи до не исчезающей в течение 1 минуты слабо-розовой окраски.

8. Записать результаты анализа по образцу:

№ почвенного образца	Навеска почвы (г)	Приято 1-нормального раствора $\text{CH}_3\text{COONa}$ (мл)	Взято фильтрата на титрование (мл)	Навеска почвы, соответствующая объему раствора, взятому на определение (г)	Пошло 0,1-нормального раствора $\text{NaOH}$ на титрование (мл)	Поправка к титру 0,1-нормального раствора $\text{NaOH}$	Итого пошло на титрование 0,1-нормального раствора щелочи (мл)	Гидролитическая кислотность в $\text{мг} \cdot \text{экв}$ на 100 г почвы

Вычисление можно сделать по следующей формуле:

$$H = \frac{a \cdot T \cdot 10 \cdot 1,75}{10}$$

где:  $H$  — гидролитическая кислотность (в  $\text{мг} \cdot \text{экв}$  на 100 г почвы);



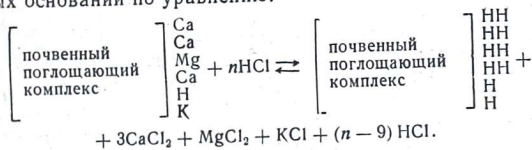
- $a$  — число миллилитров 0,1-нормального раствора щелочи, пошедшей на титрование;  
 $T$  — поправка к титру щелочи;  
 $10$  — в числителе — коэффициент для пересчета результатов на 100 г почвы (25 мл фильтрата соответствует 10 г почвы), в знаменателе — коэффициент для перевода результатов в миллиграмм-эквиваленты;  
 $1,75$  — коэффициент на полноту вытеснения водорода (экспериментально доказано, что полная величина гидролитической кислотности в 1,5—2 раза больше, чем определяемая по данному методу, поэтому берут средний коэффициент 1,75).

### Определение суммы поглощенных оснований (по Каппену)

**Материалы и оборудование.** Образец почвы, технохимические весы, толстостенная банка емкостью 200—250 мл с пробкой, ротатор или качалка для взбалтывания, бюретка на 50—100 мл, воронка, фильтр, коническая колба или стаканчик емкостью 100 мл, титровальная установка, пипетка на 25—50 мл, электрическая плитка.

**Реактивы.** 0,1-нормальный раствор HCl, фенолфталеин, 0,1-нормальный раствор щелочи.

**Сущность метода.** Метод основан на обработке почвы определенным количеством HCl точно известной концентрации. При этом часть кислоты идет на вытеснение и нейтрализацию поглощенных оснований по уравнению:



Остаток кислоты учитывается путем титрования ее щелочью точно известной концентрации. По разности между взятым и оставшимся количеством HCl находят часть ее, израсходованную на вытеснение и нейтрализацию поглощенных почвой оснований.

**Ход анализа.** 1. На технохимических весах взять навеску почвы 10 г и поместить ее в толстостенную стеклянную банку.

2. Прилить 50 мл 0,1-нормального раствора HCl.

3. Банку закрыть пробкой и содержимое ее взболтать (в течение часа) на ротаторе.

4. Содержимое банки отфильтровать через обычный фильтр.

5. Взять пипеткой 25 мл фильтрата в колбочку или химический стакан.

6. Прибавить 2—3 капли фенолфталеина.

7. Содержимое колбочки нагреть на электрической плитке до кипения и кипятить 3—5 минут.

8. В горячем виде при постоянном помешивании оттитровать 0,1-нормальным раствором щелочи до не исчезающей в течение 1 минуты слабо-розовой окраски.

9. Записать результаты анализа по форме:

№ почвенног о образца	Навеска почвы (г)	Приливо 0,1-нормальной HCl (мл)	Поправка к титру HCl	Взято на титрование фильтрата (мл)	Итого в фильтрате 0,1-нормальной HCl (мл)	Навеска почвы, соответствующая объему раствора, взятому на определение (г)	Пошло на титрование 0,1-нормального раствора NaOH (мл)	Поправка к титру 0,1-нормального раствора NaOH	Итого пошло на титрование 0,1-нормального раствора NaOH (мл)	Израсходовано на вытеснение поглощенных оснований 0,1-нормальной HCl (мл)	Сумма поглощенных оснований (мг · экв на 100 г почвы)

Вычисление можно сделать по следующей формуле:

$$S = \frac{(a \cdot T_1 - v \cdot T_2)}{10} \cdot 20,$$

где:  $S$  — сумма поглощенных оснований (в мг · экв на 100 г почвы);

$a$  — количество миллилитров 0,1-нормальной HCl, взятой на титрование (вытяжки);

$T_1$  — поправка к титру 0,1-нормальной HCl;

$v$  — количество миллилитров 0,1-нормальной NaOH, пошедшее на титрование;

$T_2$  — поправка к титру 0,1-нормальной NaOH;

20 — коэффициент для перевода результатов на 100 г почвы;

10 — коэффициент для перевода результатов в миллиграмм-эквиваленты.

#### Вычисление степени насыщенности почвы основаниями и использование результатов анализов для решения вопроса о целесообразности известкования

Получив данные о гидролитической кислотности ( $H$ ) и сумме поглощенных оснований ( $S$ ), вычисляют емкость поглощения ( $E$ , в мг · экв на 100 г почвы) по формуле:

$$E = S + H.$$

Затем определяют степень насыщенности основаниями ( $V$ ), т. е. какая часть емкости почвы насыщена поглощенными основаниями:

$$V\% = \frac{S \cdot 100}{E}.$$

## Результаты вычисления записывают по форме:

№ почвенного образца	В мг · экв на 100 г почвы			% насыщенности основаниями (V)
	гидролитическая кислотность (H)	сумма поглощенных оснований (S)	емкость поглощения (E)	

Для решения вопроса о целесообразности известкования почв в условиях производства и в практике агрохимлабораторий чаще всего пользуются определением обменной кислотности, т. е. рН в вытяжке раствора КСl.

Если почва имеет рН в КСl меньше 4,5, она относится к группе почв, нуждающихся в известковании сильно, при рН 4,5—5 — средне, при рН 5—5,5 — слабо и больше 5,5, как правило, не нуждающихся в известковании при выращивании большинства сельскохозяйственных культур.

При определении обменной кислотности учитываются далеко не все ионы водорода и алюминия, обуславливающие кислую реакцию почв, и поэтому рассчитывать дозы извести по этой кислотности было бы не совсем верно, но из-за простоты и доступности метода определения обменной кислотности им иногда пользуются и для ориентировочного установления доз извести.

Гидролитическая кислотность как самая большая (сумма всех кислотностей) служит для наиболее правильного вычисления дозы извести. Если гидролитическая кислотность (H) вычислена в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы, то дозу (X) извести (на 1 га) можно установить, пользуясь одной из следующих формул:

$$\begin{aligned} X \text{ (в ц CaCO}_3\text{)} &= H \times 5 \times 3; \\ X \text{ (в т CaCO}_3\text{)} &= H \times 1,5; \\ X \text{ [в ц Ca(OH)}_2\text{]} &= H \times 3,7 \times 3; \\ X \text{ (в ц CaO)} &= H \times 2,8 \times 3. \end{aligned}$$

Бывают случаи, когда по рН в КСl почва кислая, а доза извести, рассчитанная по гидролитической кислотности, очень мала. Для правильного решения вопроса о целесообразности известкования принимают во внимание степень насыщенности почв основаниями, руководствуясь следующим: если почва имеет V меньше 50%, она сильно нуждается в известковании при выращивании большинства сельскохозяйственных культур; при V от 50 до 70% — слабо и средне, при V больше 70% почвы в известковании, как правило, не нуждаются.

Наиболее правильное заключение о степени нуждаемости почвы в известковании делают на основании определения обменной кислотности, степени насыщенности основаниями и механического состава почвы по специальной таблице (см. табл. 15).

После того как будут установлены степень нуждаемости в известковании и практические поправки (см. табл. 16), рассчитывают дозу извести по гидролитической кислотности, учитывая севообороты, механический состав и степень окультуренности почв.

Результаты записывают по форме:

№ почвенного образца	Гидролитическая кислотность (мг · экв на 100 г почвы)	Механический состав	Степень окультуренности	Севооборот	Доза извести (ц/га)

### Определение поглощенного натрия в солонцовых почвах по методу И. Н. Антипова-Каратаева и Л. Я. Мамаевой

**Материалы и оборудование.** Образец почвы, теххимические весы, сито с ячейками диаметром 0,25 мм, ступка, пестик, 3 конические колбочки на 200—300 мл, мерная колба из жаростойкого стекла на 200 мл, плитка.

**Реактивы.** Раствор гипса (3 г гипса растворяют в 1 л воды в течение 3—4 часов при частом помешивании, фильтруют через плотный фильтр, берут 4 пробы фильтрата по 20 мл и определяют концентрацию кальция с помощью щавелевокислого аммония), щелочная смесь, т. е. отдельно приготовленные точные 0,1-нормальные растворы  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaOH}$  (перед осаждением кальция  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaOH}$  смешивают в соотношении 2:1 и берут для анализа необходимое количество этой смеси), 0,1-нормальный раствор  $\text{HCl}$ , метилоранж.

**Сущность метода.** Почва обрабатывается определенным количеством титрованного раствора гипса, кальций которого вытесняет натрий из поглощающего комплекса. Остаток неизрасходованного кальция определяют путем осаждения его титрованным раствором щелочной смеси. Избыток щелочной смеси, в свою очередь, оттитровывается кислотой. По количеству израсходованного кальция вычисляют содержание в почве поглощенного натрия.

Следует иметь в виду, что метод пригоден для почв, не содержащих гипса.

Одновременно происходит вытеснение кальцием не только натрия, но и калия. Поэтому результат бывает более точным, если вычесть из суммы содержание обменного калия.

Если в почве присутствуют щелочные карбонаты (например,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), следует вводить поправку, так как часть кальция гипсового раствора затрачивается на их осаждение. Поправка вводится при общей щелочности водной вытяжки более 2 мг · экв на 100 г почвы.

**Ход работы.** 1. Взять навеску из образца, просеянного сквозь сито с отверстиями 0,25 мм (5 г при содержании натрия в почве

более 20%, 10 г — при 10—20%) и поместить в коническую колбу емкостью 250—300 мл.

2. Прилить 200 мл титрованного раствора гипса, закрыть пробкой и оставить стоять на двое суток, периодически (через каждые 1—2 часа) взбалтывая содержимое во время работы в лаборатории.

3. Раствор отфильтровать в сухую колбу через плотный беззольный фильтр (синяя обложка).

4. 100 мл фильтрата перенести в мерную колбу из жаростойкого стекла, нагреть до кипения и, не охлаждая, прилить к нему 75 мл щелочной смеси (во избежание разбрызгивания смесь прибавлять вначале отдельными каплями). В колбе должен появиться белый осадок гидратов окиси и карбонатов кальция и магния.

5. Раствор с выпавшим осадком кипятят еще 2—3 минуты, а затем держат 15—20 минут на небольшом нагреве для лучшей коагуляции осадка.

6. Раствор охладить (вначале на воздухе, а затем в холодной воде) и довести дистиллированной водой, лишенной  $\text{CO}_2$ , до метки.

7. Взболтать и по возможности быстро отфильтровать в сухую колбу.

8. 100 мл фильтрата перенести в коническую колбу и титровать 0,1-нормальным раствором  $\text{HCl}$  в присутствии метилоранжа до изменения желтой окраски раствора в слабо-розовую.

9. Вычислить количество поглощенного натрия по формуле:

$$X = \frac{[a - (b - 2v) \cdot 2 \cdot 0,1] \cdot 100}{N} - C,$$

где:  $X$  — поглощенный натрий (в мг·экв на 100 г почвы);

$a$  — содержание  $\text{Ca}^{2+}$  (в мг·экв в 200 мл титрованного раствора гипса);

$b$  — число миллилитров щелочной смеси, взятой для осаждения остатка  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ,

$v$  — число миллилитров 0,1-нормальной  $\text{HCl}$ , пошедшее на титрование избытка щелочной смеси (удваивается, так как для титрования бралась половина фильтрата, содержащего избыток щелочной смеси);

2 — число, указывающее на то, что разность  $(b - 2v)$  необходимо удвоить, так как для осаждения бралась половина раствора гипса;

0,1 — число миллиграмм-эквивалентов, соответствующее 1 мл 0,1-нормальной щелочи;

$N$  — навеска почвы (в г);

100 — коэффициент для пересчета результатов на 100 г почвы;

$C$  — общая щелочность (в мг·экв на 100 г почвы).

10. Найденную величину поглощенного натрия записать в рабочую тетрадь по форме:

№ почвенного образца	Поглощенный натрий (мг · экв на 100 г почвы)	Степень солонцеватости (%)	Доза гипса (т/га)

11. Установить, пользуясь классификацией И. Н. Антипова-Каратаева, степень солонцеватости; если содержание поглощенного натрия в горизонте В менее 5% емкости поглощения, почва считается несолонцеватой, при 5—10% — слабосолонцеватой, при 10—20% — солонцеватой и больше 20% — солонцом. Степень солонцеватости вычисляется по формуле:

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

где:  $X$  — степень солонцеватости (поглощенный натрий в процентах от емкости поглощения);

$A$  — количество поглощенного натрия (в мг · экв на 100 г почвы);

$E$  — емкость поглощения в мг · экв на 100 г почвы;

100 — коэффициент для пересчета результатов в проценты.

12. Рассчитать дозу гипса по формуле, приведенной на стр. 64.

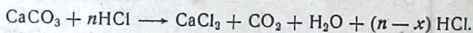
Карту засоленности почв вычерчивает вся учебная группа на основании результатов определения поглощенного натрия в почвенных образцах, взятых в различных частях участка или отделения хозяйства.

### Анализ известковых туков методом титрования

**Материалы и оборудование.** Набор известковых материалов (туков), теххимические весы, плоскодонная колба, нагревательный прибор, мерная колба на 250 мл, пипетки на 10 и 50 мл, бюретки для титрованных растворов.

**Реактивы.** 1-нормальный раствор HCl, метилоранж, 0,1-нормальный раствор щелочи (KOH или NaOH).

**Сущность метода.** Метод основан на обработке известки титрованной HCl при нагревании:



Избыток HCl оттитровывается щелочью. По количеству связанной кислоты судят о нейтрализующей способности известковых туков.

**Ход работы.** 1. Взять навеску тщательно растертого известкового удобрения в количестве 0,5 г (на теххимических весах) и поместить в плоскодонную колбу.

2. Для смачивания извести в колбу прибавить 10 мл дистиллированной воды.

3. Осторожно прилить 25 мл титрованного раствора 1-нормальной HCl.

4. Добавить в колбу дистиллированной воды, примерно 200 мл (уровень жидкости в колбе отметить).

5. Колбу нагревать при частом встряхивании жидкости и постепенно довести до кипения.

6. Кипячение продолжать 30 минут (при испарении жидкости во время кипения ее доводят горячей водой до первоначального объема).

7. Снять колбу с плитки, охладить и раствор перенести в мерную колбу на 250 мл, долить до черты, тщательно перемешать и отфильтровать.

8. Для титрования взять 50 мл фильтрата и оттитровать 0,1-нормальным раствором щелочи в присутствии 3 капель метилоранжа.

Разница в количестве миллилитров щелочи, пошедшей на титрование 50 мл 0,1-нормального раствора HCl, и служит для расчета нейтрализующей способности удобрения.

9. Произвести вычисления, пользуясь формулой:

$$X = \frac{(50 \cdot k - a \cdot k_1) \cdot 5 \cdot 100}{H \cdot 1000},$$

где: X — содержание CaCO<sub>3</sub> в удобрении (в процентах);

50 — количество миллилитров фильтрата, взятого для титрования;

k — поправка к титру 1-нормального раствора HCl, взятой для определения;

a — количество миллилитров 0,1-нормального раствора щелочи;

k<sub>1</sub> — поправка к титру щелочи;

5 — коэффициент для пересчета миллилитров 0,1-нормального раствора HCl в миллиграммы CaCO<sub>3</sub>;

H — навеска удобрения в 50 мл фильтрата (в г);

1000 — число для перевода граммов в миллиграммы.

10. Данные анализа записать по форме:

№ образца	Навеска удобрения (г)	Приливо 1-нормального раствора HCl (мл)	Поправка к титру 1-нормального раствора HCl	Всего приливо 1-нормального раствора HCl (мл)	Доведено водой до объема (мл)	Взято фильтрата на титрование (мл)

10. Найденную величину поглощенного натрия записать в рабочую тетрадь по форме:

№ почвенного образца	Поглощенный натрий (мг · экв на 100 г почвы)	Степень солонцеватости (%)	Доза гипса (т/га)

11. Установить, пользуясь классификацией И. Н. Антипова-Каратаева, степень солонцеватости; если содержание поглощенного натрия в горизонте В менее 5% емкости поглощения, почва считается несолонцеватой, при 5—10% — слабосолонцеватой, при 10—20% — солонцеватой и больше 20% — солонцом. Степень солонцеватости вычисляется по формуле:

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

где:  $X$  — степень солонцеватости (поглощенный натрий в процентах от емкости поглощения);

$A$  — количество поглощенного натрия (в мг · экв на 100 г почвы);

$E$  — емкость поглощения в мг · экв на 100 г почвы;

100 — коэффициент для пересчета результатов в проценты.

12. Рассчитать дозу гипса по формуле, приведенной на стр. 64.

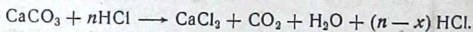
Карту засоленности почв вычерчивает вся учебная группа на основании результатов определения поглощенного натрия в почвенных образцах, взятых в различных частях участка или отделения хозяйства.

### Анализ известковых туков методом титрования

**Материалы и оборудование.** Набор известковых материалов (туков), теххимические весы, плоскодонная колба, нагревательный прибор, мерная колба на 250 мл, пипетки на 10 и 50 мл, бюретки для титрованных растворов.

**Реактивы.** 1-нормальный раствор HCl, метилоранж, 0,1-нормальный раствор щелочи (KOH или NaOH).

**Сущность метода.** Метод основан на обработке известки титрованной HCl при нагревании:



Избыток HCl оттитровывается щелочью. По количеству связанной кислоты судят о нейтрализующей способности известковых туков.

**Ход работы.** 1. Взять навеску тщательно растертого известкового удобрения в количестве 0,5 г (на теххимических весах) и поместить в плоскодонную колбу.



2. Для смачивания извести в колбу прибавить 10 мл дистиллированной воды.

3. Осторожно прилить 25 мл титрованного раствора 1-нормальной HCl.

4. Добавить в колбу дистиллированной воды, примерно 200 мл (уровень жидкости в колбе отметить).

5. Колбу нагревать при частом встряхивании жидкости и постепенно довести до кипения.

6. Кипячение продолжать 30 минут (при испарении жидкости во время кипения ее доводят горячей водой до первоначального объема).

7. Снять колбу с плитки, охладить и раствор перенести в мерную колбу на 250 мл, долить до черты, тщательно перемешать и отфильтровать.

8. Для титрования взять 50 мл фильтрата и оттитровать 0,1-нормальным раствором щелочи в присутствии 3 капель метилоранжа.

Разница в количестве миллилитров щелочи, пошедшей на титрование 50 мл 0,1-нормального раствора HCl, и служит для расчета нейтрализующей способности удобрения.

9. Произвести вычисления, пользуясь формулой:

$$X = \frac{(50 \cdot \kappa - a \cdot \kappa_1) \cdot 5 \cdot 100}{H \cdot 1000},$$

где: X — содержание CaCO<sub>3</sub> в удобрении (в процентах);

50 — количество миллилитров фильтрата, взятого для титрования;

κ — поправка к титру 1-нормального раствора HCl, взятой для определения;

a — количество миллилитров 0,1-нормального раствора щелочи;

κ<sub>1</sub> — поправка к титру щелочи;

5 — коэффициент для пересчета миллилитров 0,1-нормального раствора HCl в миллиграммы CaCO<sub>3</sub>;

H — навеска удобрения в 50 мл фильтрата (в г);

1000 — число для перевода граммов в миллиграммы.

10. Данные анализа записать по форме:

№ образца	Навеска удобрения (г)	Приливо 1-нормального раствора HCl (мл)	Поправка к титру 1-нормального раствора HCl	Всего приливо 1-нормального раствора HCl (мл)	Доведено водой до объема (мл)	Взято фильтрата на титрование (мл)

Навеска удобрения, соответствующая фильтрату, взятому для определения (г)	Пошло на титрование 0,1-нормального раствора щелочи (мл)	Поправка к титру щелочи	Всего пошло на титрование 0,1-нормального раствора щелочи (мл)	Количество 0,1-нормального раствора HCl, пошедшее на разложение щелочи (мл)	Содержание CaCO <sub>3</sub> в удобрении (%)

## Вопросы для самопроверки

1. Как различаются растения по их отношению к кислотности почв?
2. Каковы свойства кислых почв?
3. Назовите виды кислотности почвы.
4. Что такое емкость поглощения и степень насыщенности почв основаниями?
5. Что такое буферность почв?
6. Что происходит при внесении извести в почву?
7. Как установить нуждаемость почвы в известковании?
8. Как рассчитать дозу извести?
9. Что такое полные дозы извести?
10. Цель и техника применения малых доз извести.
11. Каковы особенности известкования в севооборотах со льном и картофелем?
12. Какие известковые удобрения применяются в сельском хозяйстве?
13. Особенности совместного применения извести, навоза и фосфоритной муки.
14. Какие почвы необходимо гипсовать?
15. Как рассчитать дозу гипса?
16. Что происходит в почве при внесении гипса?
17. Какие материалы используются для гипсования почв?
18. Что такое самогипсование почв?
19. Какие удобрения, содержащие гипс, применяются в хозяйствах?
20. В каких условиях эффективность гипсования проявляется наиболее полно?
21. Какие машины применяются для посева извести и гипса?

## МАКРОУДОБРЕНИЯ

Минеральные удобрения содержат элементы питания в минеральной и чаще всего легкорастворимой форме, что дает возможность использовать их в любую фазу роста растений. Они делятся на макроудобрения и микроудобрения.

✓ **Макроудобрения** — это удобрения, содержащие в своем составе макроэлементы. Следовательно, к этой группе относятся азотные, фосфорные и калийные удобрения.

### АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

**Значение азота в жизни растений.** Азоту принадлежит выдающаяся роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Д. Н. Прянишников справедливо утверждал, что вся история земледелия в Западной Европе свидетельствует о том, что главным условием, определяющим среднюю высоту урожая в разные эпохи, была степень обеспеченности сельскохозяйственных растений азотом. По мнению крупного советского микробиолога В. Л. Омелянского, «... азот более драгоценен с общебиологической точки зрения, чем самые редкие из благородных металлов».

Азот в растениях входит в состав белков, пептонов, полипептидов, аспарагина, аминокислот, хлорофилла, ферментов, токсинов, антитоксинов, витаминов и других соединений, составляющих основу цитоплазмы и играющих большую роль в обмене веществ.

Общее количество азота в различных растениях и их органах различно. Большая часть азота входит в состав белковых соединений. Наиболее богаты азотом семена. Так, например, в пшенице содержится около 3% белкового азота, в горохе — 4—6%.

При недостатке азота в питательной среде содержание азотистых веществ в растениях снижается; растения развиваются слабо, причем особенно слабо развивается вегетативная масса. Листья при недостатке азота теряют естественный зеленый цвет и приобретают желтые тона. Объясняется это тем, что азот входит в состав хлорофилла. Когда растение начинает испытывать недостаток в азоте, образование хлорофилла задерживается.

При азотном голодании азот из старых листьев перемещается в верхние, молодые, к точкам роста, поэтому пожелтение на-

чинается с нижних листьев. Закладка цветковых почек и развитие семян идут слабо. У многих растений наблюдается опадение листьев и завязей; семена отличаются низким содержанием белка.

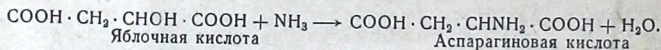
При усиленном азотном питании образуется мощная листовая поверхность с темно-зеленой окраской; стимулируются ростовые процессы и формирование новых органов, например увеличивается кущение, число колосков у пшеницы и пр.; растения обладают повышенной способностью к синтезу белков и долго сохраняют жизнедеятельность; замедляется старение листьев. Поэтому если усиленное азотное питание продолжается в течение всего периода вегетации, то это может привести к неблагоприятным результатам — удлинению вегетационного периода, задержке созревания и уменьшению отношения зерна к соломе у зерновых культур. У картофеля при избыточном азотном питании сильно развивается ботва, но плохо образуются клубни. Следовательно, в применении азотных удобрений надо знать меру.

✓ Правильная организация азотного питания значительно повышает урожай и качество сельскохозяйственной продукции.

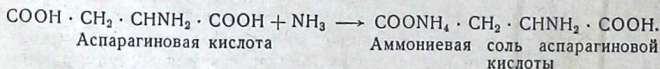
Работами Д. Н. Прянишникова установлено, что основным источником азотного питания растений являются аммиачные и нитратные соли. Преимущество аммиачного питания перед нитратным и наоборот зависит от ряда условий: реакции среды, присутствия в растворе других катионов, концентрации в питательном растворе самих азотных солей, характера обмена веществ в растениях и др.

Синтез азотсодержащих веществ в растении происходит за счет неорганического азота и безазотистых органических веществ.

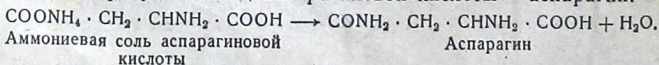
Если в растение поступает нитратный азот, то он восстанавливается до аммиака. Аммиак в растениях не накапливается, а идет на образование аминокислот и в конечном итоге белка примерно по следующей схеме:



Далее аспарагиновая кислота присоединяет новую порцию аммиака:



Затем за счет отнятия воды под влиянием фермента аспарагиназы образуется амид аспарагиновой кислоты — аспарагин:



Образование аспарагина в растениях важно в том отношении, что накопление аммиака в тканях было бы вредным для растений, аспарагин же без вреда может накапливаться в большом количестве и служить запасным материалом, из которого растения черпают необходимый азот,

В дальнейшем азот аспарагина используется для образования различных аминокислот (за счет переаминирования), а аминокислоты в свою очередь идут на образование белков.

Процесс образования азотсодержащих соединений за счет минерального азота в форме аммиака и безазотистых органических соединений имеет большое практическое значение и просто объясняет факт различного отношения растений к большим дозам аммиачных удобрений, внесенным при посеве различных культур. Те растения, которые в посевном материале содержат большое количество углеводов (например, картофель), очень легко переносят избыточное количество аммиачного азота даже в молодом возрасте и не страдают от аммиачного отравления, так как поступивший в растения аммиак быстро переходит в аспарагин. Те же растения, у которых в посевном материале мало углеводов (например, свекла), очень сильно страдают от аммиачного отравления при внесении аммиачных солей близко к семенам при их посеве. Это положение всегда следует учитывать при применении аммиачных удобрений.

В растениях идут не только процессы синтеза, но и распада белковых веществ. При прорастании семени белковые соединения подвергаются гидролизу. В качестве первичных продуктов гидролиза образуются аминокислоты и аспарагин, количество которых в растениях увеличивается. Затем аминокислоты и аспарагин отщепляют аммиак, из которого в дальнейшем образуются новые азотсодержащие соединения (рис. 9).

Таким образом, в обмене азотсодержащих соединений в растениях первоочередное значение принадлежит аммиаку.

Участием азота в важнейших жизненных процессах объясняется сильное повышение урожайности от азотных удобрений, что нами ранее уже отмечалось.

**Круговорот азота.** Главная масса азота находится в атмосфере. В воздухе над каждым гектаром земной поверхности содержится свыше 70 000 т азота. Но этот азот для большинства растений недоступен.

В почвах азот содержится преимущественно в органических

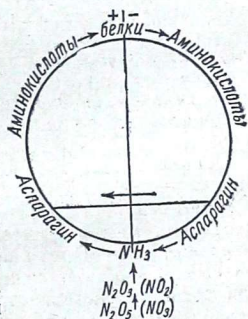


Рис. 9. Схема превращения азотистых веществ.

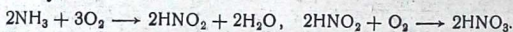
соединениях, непосредственно недоступных для использования растениями. Материнские породы, на которых возникли почвы, азота не содержат. Таким образом, можно сказать, что почти весь почвенный азот биологического происхождения. Действительно, от 5 до 15 кг азота на 1 га в год связывается свободно живущими микроорганизмами, от 70 до 200 кг — клубеньковыми бактериями. Распад тел этих организмов после их отмирания приводит к минерализации азотистых органических соединений и к появлению в почве минеральных веществ (аммиачных и нитратных солей), которые могут быть усвоены растениями.

Сформировавшаяся растительная масса может быть использована как корм для животных или подстилочный материал на скотных дворах; в обоих случаях образуется ценнейшее удобрение — навоз. При хранении навоза некоторая часть азота улетучивается в атмосферу, но большая часть возвращается в почву с навозом, образуя органическое вещество почвы.

Азот органического вещества является основным запасным фондом азотного питания для большинства растений. Превращение его в доступные формы в процессе минерализации происходит в такой последовательности.

1. Под воздействием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами почвы, белковые вещества распадаются с отщеплением аммиака. Этот процесс называется аммонификацией.

2. Далее возникшие в почве аммонийные соли окисляются определенными бактериями сначала в азотистую кислоту, а затем в азотную:



Кислота нейтрализуется в почве, образуя соли азотной кислоты, называемые нитратами. В целом этот процесс называется нитрификацией.

Для успешной нитрификации требуется доступ воздуха, достаточная (но не избыточная) влажность, благоприятная температура (24—30 °С) и наличие кальция. Но не все минеральные соли азота используются только растениями. Некоторое количество его поглощается микроорганизмами, подвергается процессам денитрификации с выделением азота в атмосферу или вымывается в лежащие ниже горизонты почвы (рис. 10).

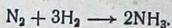
При электрических разрядах в атмосфере образуются окислы азота, которые в итоге переходят в азотную кислоту и вместе с осадками попадают в почву. Но источник этот очень небольшой — всего от 2,5 до 4 кг азота на 1 га в год.

И, наконец, очень крупным источником азота в почве является азот минеральных удобрений, который получается связыванием атмосферного азота промышленными способами.

Таким образом, к возможным источникам азота в почве относятся: 1) минерализация органического вещества почвы; 2) внесение органических удобрений; 3) усвоение молекуляр-



сокими температурами. В таких условиях под влиянием катализаторов образуется аммиак по схеме:



Производство почти всех азотных удобрений на азотно-туковых заводах начинается с получения аммиака, который затем подвергают переработке в различные азотные удобрения. Ниже представлена схема получения азотных удобрений из аммиака.

*Аммиачные удобрения.* Сжиженный безводный аммиак содержит 82,3% азота, т. е. представляет собой весьма концентрированный продукт. Безводный аммиак имеет высокое давление паров, поэтому на воздухе бурно кипит и быстро испаряется. Транспортировать и хранить его нужно в стальных цистернах, рассчитанных на давление до 30 атмосфер.

Внесение его в почву затруднительно. В почве безводный аммиак превращается из жидкости в газ, который поглощается почвенной влагой. Поэтому чтобы аммиак из почвы не улетучивался, вносить его нужно на глубину 12—15 см специальными машинами типа растениепитателей.

Для внесения в почву безводного аммиака с содержанием азота более 80% в настоящее время рекомендована цистерна АБА-0,5 с промежуточным заправщиком ЗБА-2,6-817.

Жидкий аммиак в нашей стране как непосредственное удобрение еще не нашел широкого применения.

*Аммиакаты* — растворы некоторых азотных удобрений (аммиачной, кальциевой селитры или мочевины) в концентрированном водном аммиаке.

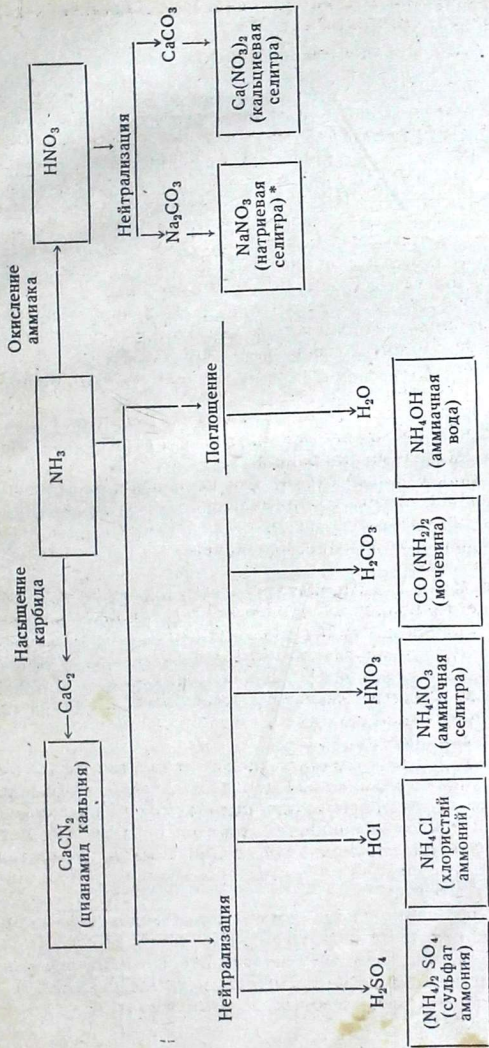
Содержание азота в аммиакатах колеблется от 30 до 45%; это менее концентрированное удобрение, чем сжиженный аммиак. Упругость паров в аммиакатах небольшая (около 1 атмосферы при 30 °С), но многие из них, особенно содержащие аммиачную селитру, вызывают сильное ржавление обычных черных металлов, и для их перевозки требуются цистерны из алюминия или нержавеющей стали. Пока большого распространения аммиакаты не имеют.

*Аммиачная вода* — водный раствор синтетического аммиака. Для получения аммиачной воды используется и коксохимический аммиак. В аммиачной воде, получаемой при использовании коксохимического аммиака, содержатся вредные для растений примеси фенола, сероводорода, роданистых и цианистых соединений, но при правильном применении удобрения эти примеси не вредят растениям.

Промышленность выпускает аммиачную воду двух сортов — с содержанием азота 20,5 и 18%. Упругость паров аммиака незначительная, что позволяет перевозить и хранить аммиачную воду в обычных железнодорожных и автомобильных цистернах, применяемых для горючего и выдерживающих давление в 1,5—2 атмосферы.



Схема получения азотных удобрений из аммиака



APK

\* Обычно получается как побочный продукт при окислении аммиака.

Техника использования аммиачной воды в сравнении с безводным аммиаком и аммиакатами значительно проще, что уже обусловило более широкое ее применение. По эффективности аммиачная вода не уступает твердым азотным удобрениям. Кроме того, возможность полной механизации работ значительно сокращает затраты труда при ее использовании и уменьшает себестоимость продукции.

В аммиачной воде одновременно присутствуют две формы азота:  $\text{NH}_4$  и  $\text{NH}_3$ , причем значительно больше азота содержится в виде молекул  $\text{NH}_3$ . Наличие свободного аммиака указывает на возможность потерь азота, поэтому при применении аммиачной воды ее обязательно нужно заделывать в почву. Поверхностное внесение недопустимо. Желательная глубина заделки на легких почвах 12—16 см, на тяжелых — 8—12 см. Чаще всего аммиачную воду вносят в почву гербицидно-аммиачной машиной ГАН-8 или выпускаемым взамен нее универсальным подкормщиком-опрыскивателем ПОУ-1.

Вносить аммиачную воду можно только в немажущуюся почву.

На переувлажненной почве отверстия трубок, проводящих жидкость к рабочим органам, забиваются землей, удобрения не заделываются в почву и аммиак теряется.

Азот аммиачной воды закрепляется в почве сильнее азота твердых аммиачных удобрений, поэтому ее можно вносить даже осенью под зяблевую вспашку, не опасаясь больших потерь азота. Это уменьшает потребность хозяйства в дорогостоящих цистернах для хранения удобрения.

Значительная часть аммиачной воды может быть использована весной перед посевом сельскохозяйственных культур, а также летом для подкормок пропашных. Аммиачная вода — сильная щелочь, которая может повреждать живые растительные ткани. Поэтому во избежание ожогов при подкормках пропашных культур вносить ее следует в середину междурядий, на расстоянии 10—12 см от растений.

Характерно влияние аммиачной воды на реакцию почвенного раствора. Вначале почва подщелачивается, а затем в результате нитрификации, которой подвергается в почве внесенный аммиак, происходит некоторое увеличение кислотности (табл. 20).

Таблица 20

Влияние аммиачной воды на реакцию почвенного раствора

Почвы	рН почвенного раствора		
	до внесения аммиачной воды	в первые дни после внесения	в последующее время
Супесчаная известкованная . . .	5,0	7,7	4,1
Супесчаная известкованная . . .	7,0	8,1	5,5

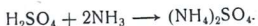
При работе с аммиачной водой следует соблюдать правила техники безопасности. Несильный запах аммиака неопасен для человека, но при попадании аммиачной воды на кожу могут быть ожоги. Поэтому если аммиачная вода попала на кожу лица, рук, необходимо быстро смыть ее обильной струей воды. Если промывка не помогает, то пострадавшему надо оказать медицинскую помощь.

Смесь аммиака с воздухом может взорваться. Поэтому при осмотре цистерн из-под аммиачной воды, при их ремонте нужно соблюдать осторожность — не курить, пользоваться взрывоопасными лампами.

Цистерны и аппаратура должны подвергаться регулярным проверкам на герметичность.

Сульфат аммония, или сернокислый аммоний  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  — широко распространенное аммиачное удобрение.

Существует несколько способов получения этого удобрения, из них наиболее простой заключается в нейтрализации аммиака серной кислотой:

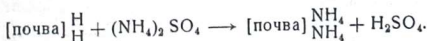
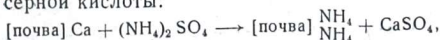


Осадок  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , выпадающий из насыщенного раствора, отделяется центрифугированием, высушивается и используется в качестве удобрения.

Сульфат аммония, выпускаемый в настоящее время промышленностью, должен содержать согласно ГОСТу не менее 20,8—21% азота. По внешнему виду это мелкокристаллическая соль сероватого или голубоватого цвета. В сухом состоянии мало слеживается при хранении и хорошо рассеивается.

В последнее время большое внимание уделяется производству крупнокристаллического сульфата аммония в виде так называемого рисового зерна. Получают такое удобрение, добавляя к раствору сульфата аммония небольшое количество сульфатов железа, магния или алюминия.

Сульфат аммония при внесении в почву быстро растворяется в почвенной влаге. При взаимодействии с почвенным поглощающим комплексом аммонийная группа удобрения вытесняет поглощенные катионы и сама поглощается почвой, что предохраняет азот от вымывания. В результате такого взаимодействия в черноземах происходит образование гипса, а в подзолистых почвах — серной кислоты:



Кроме того, после внесения сульфата аммония в почву в результате нитрификации образуется азотная кислота и происходит освобождение серной кислоты:

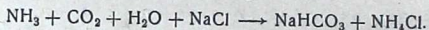


Следует помнить и о том обстоятельстве, что сульфат аммония — физиологически кислая соль и внесение его означает систематическую обработку почвы некоторым количеством серной кислоты.

На черноземных почвах это не сказывается отрицательно на развитии растений, но на подзолистых почвах подкисление почвенного раствора следует считать отрицательным свойством этого удобрения. Однако однократное внесение сульфата аммония даже на подзолистых слабобуферных почвах не может существенно сказаться на подкислении почвенного раствора.

Таким образом, если учитывать влияние сульфата аммония на реакцию питательного раствора, то на кислых подзолистых почвах он в некоторых случаях уступает нитратным азотным удобрениям, при переходе к черноземным почвам их действие выравнивается, а еще дальше к югу сульфат аммония может быть эффективнее нитратных форм азотных удобрений, так как нейтрализует избыточную щелочность почвенного раствора.

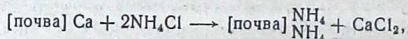
Хлористый аммоний ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) получается в качестве побочного продукта при содовом производстве:



Это главный способ получения хлористого аммония, и поэтому количество удобрения определяется в основном масштабами содового производства. Удобрение менее распространено, чем сульфат аммония.

Хлористый аммоний — мелкокристаллическая белая или желтоватая соль с содержанием азота 24—25%. Обладает хорошими физическими свойствами — мало гигроскопичен и не слеживается при хранении.

При взаимодействии с почвами ведет себя аналогично сульфату аммония:



В почве хлористый аммоний подвергается нитрификации. Так же как и сульфат аммония, это физиологически кислая соль.

Хлористый аммоний как удобрение расценивается значительно ниже сульфата аммония. Объясняется это тем, что хлористый аммоний содержит большое количество хлора (66,6%). Наличие хлора заставляет соблюдать некоторую осторожность при внесении этого удобрения под культуры, чувствительные к хлору.

Так как ионы аммония почвой поглощаются, а ионы хлора не поглощаются, то вносить хлористый аммоний целесообразно с осени под зяблевую вспашку. При таком внесении значительная часть хлора удаляется из корнеобитаемого слоя атмосферными осадками.

К менее распространенным аммиачным удобрениям относится сульфат аммония-натрия —  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ . Получается как отход в промышленности. Содержит около 16% азота. Обладает хорошими физическими свойствами. Поведение в почве такое же, как и сульфата аммония.

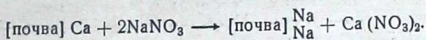
*Нитратные удобрения.* К группе нитратных удобрений относятся натриевая и кальциевая селитры, которые в нашей стране имеют относительно небольшой удельный вес.

Пока не было известно способов получения синтетического аммиака, единственным представителем группы нитратных удобрений была чилийская селитра. Чилийская селитра добывалась в Чили (Южная Америка) из естественных залежей.

Все селитры, которые в настоящее время применяются в сельском хозяйстве, получают из синтетического аммиака.

Натриевая селитра ( $\text{NaNO}_3$ ) содержит азота 16—16,5%. Получается как побочный продукт при окислении аммиака до азотной кислоты.

Это кристаллическая белая или буровато-желтая соль, хорошо растворимая в воде. При хранении в обычных условиях не слеживается, при хранении в условиях повышенной влажности воздуха перекристаллизовывается с образованием крупных кристаллов. Ион  $\text{NO}_3^-$  почвой не поглощается:

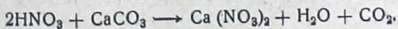


Единственным видом связывания нитратного азота в почве является биологическое поглощение, т. е. поглощение микроорганизмами и высшими растениями. Поэтому в условиях влажного климата возможно вымывание азота. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе сроков внесения удобрения. Так, например, селитру нецелесообразно вносить с осени. При обильном орошении ее лучше заменять аммиачными солями.

Благодаря своей большой подвижности в почве селитра является прекрасным удобрением для подкормок в период вегетации растений.

Натриевая селитра — удобрение физиологически щелочное, т. е. растения поглощают анион соли ( $\text{NO}_3^-$ ) быстрее, чем катион ( $\text{Na}^+$ ), в результате чего в почве накапливается натрий, который с гидроксидом ( $\text{OH}^-$ ) образует щелочь ( $\text{NaOH}$ ). Поэтому при длительном применении натриевой селитры на кислых почвах возможна некоторая, хотя и очень слабая, нейтрализация кислотности почвы; для кислых почв это очень хорошее удобрение.

Кальциевая селитра  $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  содержит азота 17%. Получается главным образом в процессе нейтрализации азотной кислоты известью:



Существуют и другие способы получения кальциевой селитры.

Кальциевая селитра является лучшей формой азотного удобрения на почвах с недостаточным содержанием кальция, т. е. на кислых подзолистых. Даже при очень длительном применении кальциевой селитры на подзолистых почвах не наблюдается ухудшения физических свойств, а наоборот, может наступить их постепенное улучшение за счет вхождения кальция в состав катионов почвенного поглощающего комплекса.

Но кальциевая селитра имеет очень крупный недостаток, который состоит в ее исключительно высокой гигроскопичности. Она расплывается под влиянием влажности воздуха, поэтому перевозить и хранить ее необходимо в специальной водонепроницаемой таре.

Для уменьшения гигроскопичности кальциевую селитру в настоящее время выпускают в гранулированном виде. Гранулы с поверхности покрываются тонким слоем гипса, смол, парафина или других подобных веществ. Гранулирование уменьшает гигроскопичность удобрения, но полностью устранить ее все же не удается.

Кальциевая селитра эффективна на всех почвах, но особенно на подзолистых, так как это физиологически щелочная соль (растение в большей мере поглощает  $\text{NO}_3^-$ , чем  $\text{Ca}^{2+}$ ).

При использовании кальциевой селитры следует помнить, что в ней содержится нитратная форма азота, не поглощаемая почвой, поэтому вносить ее в зоне избыточного увлажнения с осени нецелесообразно.

*Аммиачно-нитратные удобрения.* К этой группе удобрений относятся аммиачная селитра, известково-аммиачная селитра и нитрат-сульфат аммония.

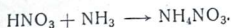
При рассмотрении группы аммиачных удобрений  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}]$  мы видели, что с этими удобрениями в почву поступает довольно большое количество балласта, т. е. элементов, необходимых растениям в очень малом количестве, ненужных или даже оказывающих вредное действие на развитие растений. Таким балластом для  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  является наличие 75% остатка серной, а для  $\text{NH}_4\text{Cl}$  — 67% остатка соляной кислот. Д. Н. Прянишников называл этот балласт «принудительным ассортиментом», который вызывается не потребностью растений, а необходимостью для промышленности связать аммиак кислотой, и по возможности кислотой дешевой.

Этого принудительного ассортимента можно избежать, если связать аммиак не соляной и серной кислотами, которые не нужны растению, а хотя и более дорогой, но нужной растению кислотой  $\text{HNO}_3$ , содержащей в своем составе азот. Таким удобрением является аммиачная селитра.

✓ Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) — в настоящее время главное азотное удобрение в нашей стране, удобрение, не содер-

жащее балласта, очень концентрированное. В аммиачной селитре содержится не менее 34,2—34,8% азота, причем половина в аммиачной, а половина в нитратной форме.

Получается аммиачная селитра, как уже указывалось, нейтрализацией аммиака азотной кислотой:

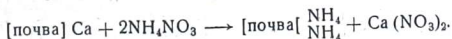


Образовавшийся раствор упаривается и после кристаллизации отделяется центрифугированием.

По внешнему виду аммиачная селитра — крупнокристаллическая, желтовато-сероватая соль. Большим недостатком этого очень ценного удобрения является высокая гигроскопичность и слеживаемость при хранении. Высокая гигроскопичность приводит к тому, что при хранении селитра перекристаллизовывается и образует сплошную массу, которую нельзя вносить на поле без специального дробления, требующего больших затрат труда. В связи с этим аммиачная селитра выпускается в форме сферических гранул и в виде мелких чешуй (сферические гранулы обладают лучшими физическими свойствами). Для уменьшения слеживаемости к селитре добавляют малогигроскопические вещества.

Гранулированная селитра слеживается значительно меньше. Но даже грануляция полностью не устраняет этого недостатка, и хранить селитру следует в особой, непроницаемой для воды таре.

При внесении в почву аммиачная селитра быстро растворяется в почвенной влаге и вступает во взаимодействие с почвенным поглощающим комплексом, в результате чего аммиачный азот поглощается почвой, а нитратный остается в почвенном растворе:



Это удобрение очень хорошо использовать для подкормок. Аммиачная селитра — удобрение физиологически слабокислое. Физиологическая кислотность ее гораздо ниже, чем у сульфата аммония или хлористого аммония.

Небольшое временное подкисление при внесении аммиачной селитры происходит главным образом за счет нитрификации:



При внесении высоких доз удобрений (например, на участках высокой урожайности) преимущество аммиачной селитры состоит в том, что при одной и той же дозе азота общая концентрация солей в почве будет меньше при применении аммиачной селитры, чем при применении других низкопроцентных удобрений.

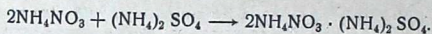
Аммиачная селитра оказывает хорошее действие на всех почвах и на развитие всех сельскохозяйственных культур.

Известково-аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ ) содержит 20% азота. Получается в результате сплавления  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  с  $\text{CaCO}_3$ . Удобрение очень гигроскопичное, поэтому выпускается в гранулированном виде.

Половина азота содержится в аммиачной, а половина — в нитратной форме. В почве известково-аммиачная селитра ведет себя аналогично аммиачной селитре, но наличие в ее составе извести полностью устраняет кислотность азотнокислого аммония.

Известково-аммиачная селитра может быть хорошим удобрением для всех культур, но рекомендуется главным образом на почвах кислых, так как не подкисляет почвенного раствора. Это удобрение очень распространено в ряде стран Западной Европы и имеет большие перспективы в нашей стране.

Нитрат-сульфат аммония [ $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] содержит 26% азота, в том числе 19% в аммиачной форме и 7% в нитратной. Получают его смешиванием расплавленной аммиачной селитры с сульфатом аммония:

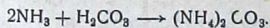


Можно получать также при нейтрализации аммиаком смеси серной и азотной кислот. Обладает меньшей гигроскопичностью, чем аммиачная селитра, но значительно большей физиологической кислотностью. Удобрение по своему действию на растения и свойства почв занимает промежуточное положение между сульфатом аммония и аммиачной селитрой.

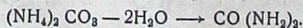
*Амидные удобрения.* К группе амидных удобрений относятся мочевины и цианамид кальция. Наибольшую ценность из амидных удобрений представляет синтетическая мочевина.

Мочевина, или карбамид [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ], — самое концентрированное кристаллическое азотное удобрение, содержащее 46% азота. При громадной протяженности нашей территории является исключительно перспективным, ценным, безбалластным удобрением.

Имеется ряд методов получения синтетической мочевины. Наиболее распространенный состоит в том, что синтетический аммиак связывается угольной кислотой, в результате чего образуется углекислый аммоний:

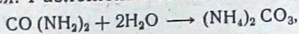


Углекислый аммоний — соль чрезвычайно нестойкая. При нагревании в замкнутом пространстве углекислый аммоний выделяет две молекулы воды с образованием мочевины:



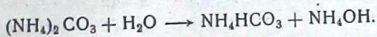


При внесении в почву мочевины под влиянием уробактерий аммонифицируется. Разложение ее идет с присоединением воды:

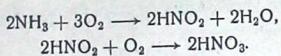


т. е. она вновь превращается в углекислый аммоний.

Так как углекислый аммоний — гидролитически щелочная соль (соль сильного основания и слабой кислоты), то может создаться временное небольшое подщелачивание почвенного раствора:



Аммоний поглощается почвой и подвергается нитрификации. В процессе нитрификации аммиака образуется азотная кислота, и, таким образом, временное слабое подщелачивание сменяется временным слабым подкислением среды:



Эти колебания рН почвенного раствора, связанные с внесением мочевины, особенно заметны на слабобуферных почвах. По мере потребления азота растениями от мочевины в почве не остается ни кислых, ни щелочных остатков, и поэтому удобрение называется безбалластным. В последнее время установлено, что частично мочевины может поглощаться растениями без предварительного превращения в другие формы азота.

При внесении небольших доз мочевины в почву для равномерности посева ее обычно смешивают с другими удобрениями. Если она вносится одна, то ее целесообразно смешать даже с сухим песком или другими сыпучими материалами.

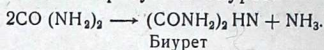
Мочевина является прекрасным азотным удобрением главным образом для внекорневых подкормок, так как содержит азот в виде органического соединения и при поступлении в листья не требует «усилий» растений на превращение минерального азота в органическую форму.

По данным ряда научно-исследовательских учреждений, озимая пшеница при ранневесенней подкормке мочевиной в дозе 30 кг азота на 1 га давала прибавку зерна на черноземных почвах 4,5 ц, а на дерново-подзолистых — 7,5 ц на 1 га. Одновременно резко улучшилось качество зерна — содержание белка увеличилось с 13,67 до 15%.

При внесении в почву мочевины должна быть своевременно заделана, в противном случае потери азота в виде улетучивающегося аммиака из углекислого аммония могут достигать до 10% и более.

Ввиду того, что рассеиваемость мелкокристаллической и гигроскопической мочевины плохая, в настоящее время ее для

удобрения выпускают в гранулированном виде. Однако при гранулировании мочевины образуется биурет:



При большом содержании в мочеvine биурета он может быть токсичным для растений. Различные растения неодинаково переносят биурет. Например, для яровой пшеницы токсичное действие проявляется при содержании биурета около 5%, для льна — 3, для citrusовых — 2,5%. Гранулированную мочеvinу для внекорневых подкормок citrusовых можно использовать в жидком виде только в том случае, если она содержит менее 0,3% биурета.

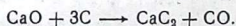
В настоящее время гранулированная мочеvinа выпускается с содержанием биурета не более 1%. При внесении такой мочевины в почву ее эффективность равна эффективности негранулированной мочевины, так как в почве биурет разлагается примерно за 10—15 дней.

В последнее время у растениеводства появился сильный конкурент в использовании мочевины — животноводство. Установлено, что мочеvinа — хорошая минеральная подкормка для животных.

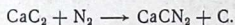
Мочеvinа является исходным продуктом для изготовления мочевино-формальдегидного удобрения.

Мочевино-формальдегидное удобрение, или карбамидформ, представляет собой продукт соединения мочевины с формальдегидом ( $\text{CH}_2\text{O}$ ). Выпускается с целью уменьшения потерь азота от вымывания. Это единственное азотное удобрение медленного действия с труднорастворимой формой азота. Содержит примерно 37—40% азота, в том числе воднорастворимого только 4—10%. Это удобрение наиболее целесообразно использовать под лен и хлопчатник.

Цианамид кальция ( $\text{CaCN}_2$ ) содержит 18—25% азота. Производство цианамид кальция состоит из двух главных процессов — получения карбида кальция и его азотирования. Карбид кальция получают, нагревая смесь извести с углем при температуре 1800 °C:



Остывшим и размельченным карбидом наполняют специальные цилиндры, в которые пропускают азот. Для того чтобы началась реакция присоединения азота, достаточно карбид кальция нагреть до 700—800 °C в каком-либо одном месте, а дальше реакция идет уже сама с выделением тепла:



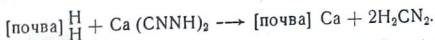
Технический цианамид кальция всегда содержит примеси  $\text{CaO}$ , остатки угля и пр., а потому это удобрение темного, почти

черного цвета\*, со щелочной реакцией. Это тонкий, пылящий порошок, вызывающий раздражение слизистых оболочек (чиханье, кашель, слезотечение). Для устранения пылящих свойств к нему прибавляют около 3% нефтяных масел (отчего он приобретает запах керосина) или выпускают в гранулированном виде. Но и в этом случае при работе с цианамидом кальция следует применять меры предосторожности — марлевые повязки, перчатки, защитные очки и пр. Хранить цианамид кальция нужно в сухом помещении.

В почве цианамид кальция подвергается гидролизу и вступает во взаимодействие с поглощающим комплексом:

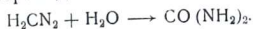


Кислая соль  
цианамида  
кальция



Свободный цианамид

Образующийся свободный цианамид ядовит для растений, но в почве он быстро переходит в мочевины:



Дальнейшие превращения мочевины уже известны из предыдущего изложения.

Превращение цианамида кальция в почве до мочевины при хорошей аэрации и достаточной влажности проходит за несколько дней. Поэтому вносить его в почву нужно до посева культур, лучше с осени, применять в подкормку или вместе с семенами не следует.

Казалось бы, что цианамид кальция, будучи щелочным удобрением, больше подходит для кислых подзолистых или торфяных почв. Но именно на этих почвах из-за слабой аэрации превращение его в мочевины иногда задерживается довольно долго на промежуточном веществе — свободном цианамиде. Этот процесс проходит быстрее на рыхлых, богатых органическим веществом и нейтральных почвах.

Цианамид кальция применяют так же, как дефолиант, в посевах хлопчатника.

**Общие условия применения азотных удобрений.** При внесении азотных удобрений любого вида всегда принимаются во внимание форма, в которой находится азот в удобрении (аммиачная, нитратная, амидная, смешанная), взаимодействие удоб-

\* Белый цианамид кальция получается на основе взаимодействия газообразного аммиака с известью:



Азота в белом цианамиде кальция содержится около 34%. Он более устойчив при хранении.

рения с почвой и особенности удобряемой сельскохозяйственной культуры. На этом основании выбирают вид азотного удобрения, время, способ и дозу его внесения в почву.

Общим свойством всех азотных минеральных удобрений является их высокая растворимость в воде и доступность растениям, что позволяет применять все азотные удобрения (за исключением цианмида кальция и карбамидформа) до посева, при посеве и в любую фазу роста растений. В то же время различные азотные удобрения имеют существенные отличия, которыми не следует пренебрегать.

К положительным свойствам аммиачных удобрений надо отнести хорошую поглощаемость аммиака почвой. Это позволяет вносить их до посева, не опасаясь больших потерь азота вследствие вымывания в грунтовые воды.

К отрицательным свойствам аммиачных удобрений относится их физиологическая кислотность. Эффективность их при длительном применении без периодического известкования снижается. Однако этот недостаток аммиачных удобрений может быть устранен при совместном внесении их с известковыми материалами. Для того чтобы нейтрализовать всю кислотность, которая создается в почве от внесения аммиачной селитры, необходимо на 100 кг удобрения давать по 60—70 кг извести, а для сульфата аммония — на 100 кг удобрения 100—130 кг извести. Однако брать более высокие дозы извести не следует, так как в этом случае будут иметь место значительные потери азота в форме аммиака.

Нитратные формы азотных удобрений не поглощаются почвой, поэтому их нельзя вносить заблаговременно, особенно в районах с обильными осадками или поливом. Остро стоит вопрос о вымывании нитратного азота на почвах легкого механического состава. Благодаря большой подвижности в почве эта форма азота наиболее приемлема для проведения подкормок. В областях с холодным и непродолжительным летом из всех форм азотных удобрений наиболее желательны селитры.

Все нитратные удобрения являются физиологически щелочными удобрениями и при длительном применении способствуют нейтрализации кислых почв.

Цианамид кальция и карбамидформ действуют на растения медленнее нитратных и аммиачных удобрений. Поэтому вносить их надо заблаговременно. Цианамид кальция нельзя применять по всходам, в подкормку или с семенами высеваемых культур.

Если говорить о действии разных форм азотных удобрений в различных зонах, то на подзолистых кислых почвах целесообразнее использовать нитратные или хотя бы нейтрализованные формы аммиачных удобрений — известково-аммиачную селитру или аммиачные удобрения с примесью нейтрализующих туков.

На черноземных и других почвах с нейтральной реакцией аммиачные удобрения чаще всего дают несколько более высо-

кий эффект, чем нитратные, за исключением отдельных случаев, например при удобрении сахарной свеклы, которая больше накапливает сахаров в том случае, если вносится натриевая селитра.

Установление наиболее целесообразных доз азотных удобрений (так же как и других видов) связано с учетом многих условий, которые рассматриваются в главе VI.

При допосевном сплошном внесении обычно применяются следующие количества азота (действующего вещества удобрения): для зерновых культур и льна — 30—45 кг на 1 га; для корнеплодов, картофеля, овощей и кукурузы — 60—90; для технических культур (хлопчатник, сахарная свекла, конопля, кендырь, чай и др.) и цитрусовых — 90—120 кг на 1 га.

Так как удобрения имеют различное содержание азота, то расчеты дозы того или другого удобрения устанавливают исходя из указанных норм чистого азота на 1 га и его содержания в удобрении. Например, если требуется внести под капусту 60 кг азота, а имеется сульфат аммония с содержанием азота 20%, то количество удобрений берется по следующему расчету (порции):  $100 : 20 = x : 60$ ,  $x = 300$  кг сульфата аммония.

При расчете таким же путем находят, что 34%-ной аммиачной селитры следует внести 176 кг на 1 га.

**Примеры отношения отдельных культур к азотным удобрениям.** Все культуры обычно хорошо отзываются на внесение азотных удобрений. Особой группой по отношению к азотным удобрениям стоят только бобовые культуры, которые сами способны обогащать почву азотом и поэтому, как правило, не нуждаются во внесении азотных удобрений. Однако и небобовые культуры проявляют неодинаковое отношение к дозам и формам азотных удобрений.

У зерновых культур оптимальные дозы азота увеличивают урожай зерна и его белковость. Избыток азотных удобрений нежелателен, так как уменьшает выход зерна и увеличивает выход соломы.

Значение различных видов азотных удобрений при их допосевном внесении примерно одинаково. Особенно важны они для весенних подкормок озимых культур, которые выходят в ослабленном состоянии после перезимовки. На подзолистых почвах при подкормках проявляется не только очень высокая эффективность, но и преимущественное значение кальциевой или известково-аммиачной селитры (табл. 21).

Сахарная свекла на всех почвах лучше всего отзывается на внесение натриевой селитры. В опытах на черноземе при урожаях без азотных удобрений 222 ц с 1 га от внесения удобрений были получены такие прибавки урожая (в ц на 1 га):  $\text{NaNO}_3$  — 27,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  — 15,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  — 17.

В опытах на кислой подзолистой почве повышение урожайности наблюдалось только от натриевой селитры. Положитель-

Таблица 21

Влияние подкормки различными азотными удобрениями на урожайность озимой ржи  
(в ц с 1 га)

Схема опыта	Урожайность	Прибавка от удобрения
Контроль (без подкормок азотом)	15,1	—
Аммиачная селитра . . . . .	21,3	6,2
Сульфат аммония . . . . .	19,7	4,6
Известково-аммиачная селитра	24,5	9,4
Кальциевая селитра . . . . .	24,4	9,3

ное действие сульфата аммония проявилось на известкованной почве (табл. 22).

Таблица 22

Влияние натриевой селитры и сульфата аммония на урожайность сахарной свеклы на кислой подзолистой почве  
(в ц с 1 га)

Фон удобрения	Урожайность		
	контроль	$\text{NaNO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
РК . . . . .	117	282	78
РК + известь	211	406	285

Избыток азота под сахарную свеклу в том случае, когда она возделывается как техническая культура, особенно опасен во второй половине вегетации, так как резко уменьшает процент сахара в корнеплодах.

Кормовые корнеплоды еще более отзывчивы на внесение азотных удобрений, чем сахарная свекла. Поскольку кормовые корнеплоды возделываются не для получения сахара, то даже большие дозы азота не вызывают опасения. Это же относится и к сахарной

свекле как кормовой культуре в северных районах страны.

Картофель переносит подкисление, и поэтому действие всех форм азотных удобрений положительное. Но все хлористые соли, в том числе и хлористый аммоний, ухудшают качество картофеля и нежелательны при внесении под эту культуру. Лучшей формой азотного удобрения под картофель является сульфат аммония. Большое содержание углеводов в посевном материале позволяет вносить аммиачные формы азотных удобрений под картофель без опасения вызвать аммиачное отравление растений.

Избыточное внесение азотных удобрений под картофель вызывает обильное развитие ботвы и очень плохое клубнеобразование.

Лен как техническая культура северных районов требует сравнительно невысоких доз азота, так как повышенные дозы азотных удобрений снижают качество волокна.

Хлопчатник как ценная южная техническая культура очень отзывчив на высокие дозы азотных удобрений.

Группа плодово-ягодных и овощных культур отличается повышенными требованиями к удобрениям вообще и к азотным в особенности. Для плодовых и ягодных особенно важно достаточное количество азота с весны до уборки урожая — во время интенсивного роста побегов и формирования плодов.

Силосные культуры очень отзывчивы на высокие дозы азотных удобрений, так как именно азот способствует сильному развитию вегетативных частей растений.

#### Вопросы для самопроверки

1. Значение азота в жизни растений.
2. Схема получения азотных удобрений.
3. Состав и особенности аммиачных удобрений.
4. Состав и особенности нитратных удобрений.
5. Состав и особенности амидных удобрений.
6. Смешанные формы азотных удобрений.
7. Основные условия применения азотных удобрений.
8. Примеры отношения отдельных культур к азотным удобрениям.

#### ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

**Фосфор в растениях.** Фосфор входит в состав важных органических соединений и принимает большое участие в обмене веществ. В растениях он содержится как в минеральных, так и в органических соединениях. Минеральные соединения фосфора представлены различными солями ортофосфорной кислоты и используются в процессах фосфорилирования, т. е. превращения углеводов с участием фосфорной кислоты. В настоящее время установлено, что все многообразие превращений углеводов в растительном организме происходит не с самими углеводами, а с их эфирами, образуемыми при участии фосфорной кислоты. Отсюда понятно исключительно большое влияние фосфора на углеводный обмен, на накопление сахара в сахарной свекле, крахмала в клубнях картофеля и т. п.

Особенно большую роль играет фосфор, входящий в состав органических соединений: нуклеиновых кислот, сложных белков нуклеопротеидов, которые содержатся в большом количестве в эмбриональных тканях и в клеточном ядре, фосфатидов, влияющих на проницаемость поверхностных слоев цитоплазмы, а значит, и на поступление питательных веществ в растения. Значительные количества фосфора содержатся в виде фитина, представляющего собой типичную запасную форму, и других очень важных органических соединений.

Особенно важная роль принадлежит аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ). АТФ обладает способностью аккумулировать энергию, освобождающуюся, например, в процессе дыхания, и

передавать ее на другие синтетические процессы. Как источник энергии АТФ участвует в синтезе белков, жиров и углеводов.

В растениях фосфору принадлежит активная роль во всех жизненных процессах, в связи с чем наибольшее количество его содержится в репродуктивных органах и молодых растущих частях растения, где идут интенсивные процессы синтеза органического вещества.

Специальными опытами с меченым (радиоактивным) фосфором было выявлено, что в точках роста количество фосфора в несколько раз больше, чем в листьях (табл. 23).

Таблица 23  
Содержание меченого фосфора в растениях  
(в импульсах в минуту на 1 г сухого вещества)

Культуры	Листья			Точка роста
	нижние	средние	верхние	
Яблоня . . . . .	2312	4128	6314	25714
Земляника . . . . .	6594	8427	12568	28732
Малина . . . . .	4637	12273	21545	27513

Поступает фосфор в растения преимущественно в виде солей ортофосфорной кислоты. Он обладает способностью передвигаться из старых листьев и повторно использоваться в молодых частях растений и семенах.

Особенно важен фосфор для молодых растений, так как он способствует развитию корневой системы. Обильное питание растений фосфором ускоряет образование репродуктивных органов, созревание растений и улучшает качество продукции.

При недостатке фосфора в почве в растениях тормозится синтез белков и углеводов, происходит задержка роста и созревания, листья приобретают тускло-серую, темно-зеленую, а иногда фиолетовую и пурпурную окраску, урожай резко снижается.

Фосфор необходим растениям так же, как и азот. Но в то время как в природе существует круговорот азота, в который вовлекается азот атмосферы, и, таким образом, возможно обогащение им почвы без внесения удобрений, фосфор такого круговорота не имеет. Он односторонне отчуждается из почвы с урожаем. Кроме того, в связи с тем, что в зерне содержится фосфора значительно больше, чем в соломе, с навозом возвращается в почву лишь незначительная его часть, взятая из почвы урожаем. Этому одностороннему отчуждению фосфора с урожаем мы можем противопоставить лишь внесение удобрений.

**Фосфор в почвах.** Общее содержание фосфора в почвах обычно колеблется от 0,05 до 0,2%. В почве фосфор находится в виде органических и минеральных соединений.



Органические фосфаты представлены соединениями, входящими в состав корней, других растительных остатков и тел почвенных микроорганизмов. Как правило, минеральные фосфаты преобладают над органическими, но в торфяных и богатых перегноем почвах содержание органических фосфатов может быть довольно большим. Усвояемость растениями органических фосфатов невелика. В питании растений фосфорная кислота органических фосфатов принимает участие только после минерализации органического вещества.

Минеральные фосфаты почв состоят из фосфатов материнских пород, продуктов их выветривания, фосфатов, образовавшихся в результате разложения органического вещества почв и органических удобрений. Минеральные соединения фосфора в почве представлены различными солеобразными соединениями преимущественно ортофосфорной кислоты.

В горных породах фосфор чаще всего встречается в виде апатита. В процессе выветривания материнских пород возникают растворимые в воде соли фосфорной кислоты.

Хорошо растворимыми солями фосфорной кислоты являются однозамещенные фосфаты кальция, магния и фосфорнокислые соли одновалентных катионов — калия, натрия и аммония.

Воднорастворимые соли фосфорной кислоты присутствуют в почвах, как правило, в очень незначительном количестве. Это объясняется тем, что легкорастворимые фосфаты подвергаются в почве процессам химического поглощения, в результате чего происходит вторичное образование малорастворимых соединений фосфора с кальцием, магнием, железом и алюминием.

В насыщенных основаниями почвах фосфорная кислота связывается главным образом кальцием и магнием, образуя двух- и трехзамещенные фосфаты кальция и магния; в кислых почвах — в основном железом и алюминием. Некоторое количество фосфора поглощается коллоидами, содержащими много полуторных окислов. Усвояемость этих форм фосфорных соединений почвы неодинакова. Так, фосфаты кальция, магния, двухзамещенные и даже трехзамещенные, постепенно растворяются в слабокислой среде и, таким образом, являются значительно более доступными, чем фосфаты железа и алюминия.

Количество доступных растениям природных фосфатов в почве невелико, вследствие чего на большинстве почв требуется внесение фосфорных удобрений.

**Сырьевая база для производства фосфорных удобрений.** Одним из крупнейших источников сырья для производства фосфорных удобрений является открытое в 1925 г. на Кольском полуострове (Хибины) мощное апатито-нефелиновое месторождение. На сравнительно небольшой площади (в 3 км<sup>2</sup>) содержится свыше 1 млрд. т апатита. Возможно, что эта цифра относится только к разведанным запасам, а на самом деле запасы апатита

еще больше. Такая высокая концентрация апатита неизвестна ни в одном месторождении мира.

Фосфор в апатито-нефелиновой породе содержится в минерале апатите —  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{FCl})_2$ . В зависимости от преобладания фтора или хлора в апатите различают фторапатит и хлорапатит.

В Хибинском месторождении, помимо апатита, в состав породы входит минерал нефелин —  $(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .

Тонко измельченная руда после сортировки подвергается флотации\* с целью освобождения апатита от основной массы нефелина.

Перед флотацией к измельченной породе прибавляют олеиновую кислоту с керосином и растворимое стекло. При интенсивном продувании воздуха через смесь олеиновая кислота с керосином способствует всплыванию частиц апатита в виде пены на поверхность, а растворимое стекло — осаждению нефелина на дно. В результате такого обогащения получается апатитовый концентрат с содержанием  $\text{P}_2\text{O}_5$  до 39—40%. Он и служит источником сырья для получения различных фосфорных удобрений, в частности суперфосфата. Суперфосфат, полученный из флотированного хибинского апатита, считается лучшим в мире.

Вторым источником сырья для изготовления фосфорных удобрений являются фосфориты. Запасы их в Советском Союзе огромны (около 50% мировых запасов).

Фосфориты представляют собой богатые фосфором образования, но совершенно иного происхождения, чем апатиты. Фосфориты принадлежат не к изверженным, а к осадочным породам. Это органогенные породы, т. е. они образуются в результате жизнедеятельности живых организмов. По внешнему виду фосфориты — это желваки неправильной шаровидной формы (желваковые фосфориты) или пласты песчанистых и глинистых пород с высоким содержанием фосфора (пластовые фосфориты).

Основная масса фосфора в фосфоритах представлена в виде трехзамещенного фосфата кальция —  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , хотя сам состав фосфоритов значительно более сложный. В их состав входят соединения типа апатита, известь, песок, глина и другие соединения и примеси. Наиболее крупными месторождениями фосфоритов являются: Подбужское (Белоруссия), Зиддинское (Таджикистан), Закавказское (Восточная Грузия), Каторецкое (Калужская область), Каратауское (Казахстан), Катангское (Краснодарский край), Прибалтийское (Эстония, Ленинградская область), Кечинское (Кемеровская область), Сахалинское (Сахалинская область), Вятско-Камское (Кировская область), Егорьевское (Московская область), Ашинское (Башкирия) и некоторые другие.

---

\* Флотация — разделение в водном потоке тонко измельченной породы на апатит и так называемые нефелиновые хвосты.

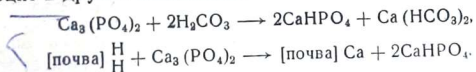
Состав фосфоритов различных месторождений неодинаков. Так, например, в пластовом фосфорите из Каратау содержание  $P_2O_5$  колеблется от 29,6 до 35,6%, а в фосфорите из Егорьевского месторождения — от 16 до 25%.

Таким образом, все фосфорные удобрения производятся из апатитов или фосфоритов. Наибольшее значение в практике применения удобрений до настоящего времени принадлежало двум удобрениям — простому суперфосфату и фосфоритной муке. Сейчас ассортимент фосфорных удобрений значительно расширяется. Все больше производится концентрированных фосфорных удобрений типа преципитата, двойного суперфосфата и некоторых других. В скором времени сельское хозяйство будет получать в больших размерах различные фосфатшлаки — ценные дешевые удобрительные отходы металлургической промышленности.

**Главные фосфорные удобрения.** Фосфоритная мука содержит фосфор в форме  $Ca_3(PO_4)_2$ . Это темно-серый или бурый, сыпучий, мучнистый порошок.

Фосфоритная мука получается при простом размоле природных фосфоритов. Поскольку это производство простое, то и удобрение получается дешевое. В зависимости от исходного сырья содержание  $P_2O_5$  довольно сильно колеблется, но должно быть не менее: в фосфоритной муке высшего сорта — 30%, I — 25, II — 22 и III — 19%.

Основная масса фосфора в фосфоритной муке полностью растворима лишь в сильных кислотах. Однако постепенно под влиянием слабых кислот в почве  $Ca_3(PO_4)_2$  фосфоритной муки переходит в другие соединения:



Таким образом, в почвах, обладающих повышенной кислотностью, плохо растворимый трехзамещенный фосфат кальция переходит в более растворимый двухзамещенный, т. е. повышается его растворимость, а значит, и доступность растениям. Так, например, при внесении фосфоритной муки (90 кг  $P_2O_5$  на 1 га) под озимую рожь были получены следующие прибавки урожая зерна (в ц с 1 га): на подзолистой почве — 3,1, серой лесной — 2,1, выщелоченном черноземе — 3,3, обыкновенном черноземе — 1,3, южном черноземе — 0,6.

Поскольку эффективность фосфоритной муки находится в прямой зависимости от кислотности и степени насыщенности почв основаниями, то уже в лаборатории на основе агрохимического анализа почв можно делать известный прогноз об эффективности этого удобрения на данной почве. Считается, что если степень насыщенности почв основаниями меньше 60%, то под зерновые культуры более целесообразно применять фосфо-

ритную муку, чем другие фосфорные удобрения, содержащие фосфор в доступной для растений форме. При степени насыщенности почв основаниями 60—70% действие фосфоритной муки и растворимых фосфатов примерно одинаково. Если же степень насыщенности основаниями выше 70%, то применение фосфоритной муки менее целесообразно, чем применение растворимых фосфатов.

Реакции растворения  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в почве идут медленно, поэтому фосфоритную муку следует вносить заблаговременно. Использовать фосфоритную муку в подкормку, конечно, малоцелесообразно.

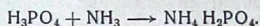
Чем лучше будет перемешано удобрение с почвой, тем более полно пройдут реакции растворения трехкальциевого фосфата, поэтому лучше всего вносить фосфоритную муку с осени под зяблевую вспашку.

Фосфоритная мука отличается длительным действием (даже на 8-й год после внесения отмечалось ее значительное положительное действие на урожай), так как фосфор переходит в доступную для растений форму постепенно.

В 1-й год после внесения из-за медленного растворения в почве фосфоритная мука часто не дает большого, ясно видимого повышения урожая. Если же учесть суммарный эффект за ряд лет, то ценность этого удобрения становится очевидной.

Эффективность фосфоритной муки повышается при ее совместном внесении с физиологически кислыми удобрениями. И, наоборот, при внесении извести, естественно, снижаются прибавки, получаемые от фосфоритной муки.

Очень хорошие результаты дает компостирование фосфоритной муки с навозом. При разложении навоза выделяются органические кислоты, растворяющие трехкальциевый фосфат фосфоритной муки. Кроме того, образовавшаяся фосфорная кислота ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) вступает во взаимодействие с выделяющимся из навоза аммиаком, связывая его в фосфорно-аммонийные соли:



Таким образом, при этом приеме компостирования навоз меньше теряет азота, а фосфор удобрения переходит в доступную для растений форму.

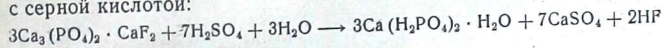
Существует ряд культур, способных разлагать  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  фосфоритной муки своими корневыми выделениями. К таким культурам относятся люпин, гречиха, горчица, горох и некоторые другие. Основные полевые культуры не обладают такой способностью, и эффективность внесения фосфоритной муки на них целиком зависит от свойств почв и нашего умения ее применять.

Костяная мука представляет в настоящее время главным образом исторический интерес, так как являлась одним из первых продажных удобрений. Получается она размолотом пред-

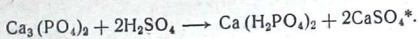
варительно обезжиренных или обезжиренных и обесклеенных костей. В зависимости от способа приготовления содержание  $P_2O_5$  в ней колеблется от 15 до 30%. Основная форма фосфора содержится, как и в фосфоритной муке, в виде трехкальциевого фосфата. По своим свойствам сходна с фосфоритной мукой и применяется так же, как и фосфоритная мука.

Суперфосфат содержит фосфор в форме  $Ca(H_2PO_4)_2$ . Является одним из наиболее распространенных фосфорных удобрений как в СССР, так и во всем мире. Это темно-серая или светло-серая мучнистая масса с резким запахом кислоты. Физические свойства удобрения (рассыпчатость, гигроскопичность, степень слеживаемости) вполне удовлетворительны.

Получается суперфосфат специальным смешиванием исходного сырья (фосфоритной муки или апатитового концентрата) с серной кислотой:



или



Продукты реакции не отделяются и все входят в состав удобрения, поэтому суперфосфат почти наполовину состоит из гипса. Таким образом, суперфосфат — не химически чистая соль, а сложный технологический продукт со многими примесями, в котором главную ценность составляет образовавшийся монокальциевый фосфат и отчасти гипс. В простом суперфосфате из апатитового концентрата по ГОСТу 8382—57  $P_2O_5$  должно быть не менее 20% в I и 19% во II сорте. Простой суперфосфат из фосфоритов Каратау должен содержать по ГОСТу 4667—49  $P_2O_5$  не менее 16% в I и 14% во II сорте.

При обработке исходного сырья на 1 т его расходуется около 1 т серной кислоты, в результате чего получается около 2 т удобрения. Поэтому содержание фосфора в удобрении оказывается примерно вдвое ниже, чем в исходном сырье. Вследствие этого низкопроцентное сырье непригодно для изготовления суперфосфата.

Наличие в исходном сырье довольно большого количества углекислого кальция, при разложении которого серной кислотой выделяется углекислый газ, способствует созданию рыхлости и рассыпчатости удобрения.

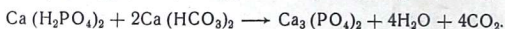
Из-за недостаточного перемешивания сырья с серной кислотой в местах ее избытка разложение идет до образования свободной фосфорной кислоты, и, наоборот, в местах недостатка серной кислоты разложение трехкальциевого фосфата ограничивается образованием двухкальциевого фосфата. Среди других примесей в составе исходного сырья, а значит, и удобрений со-

\* Происходящие при разложении реакции гораздо сложнее. Здесь приводится только основная схема.

держатся полуторные окислы, кремневая кислота, песок и глина. Таким образом, фосфор в суперфосфате содержится не только в виде  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , на который приходится 75% общего фосфора в удобрении, но и в виде  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ .

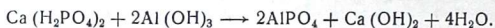
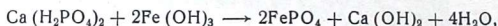
При внесении суперфосфата в почву фосфор удобрения быстро вступает в химические реакции, образуя труднорастворимые, малодоступные растениям соединения.

На почвах, насыщенных основаниями, богатых кальцием, фосфорная кислота связывается, образуя двух- и трехзамещенные фосфаты кальция:



Следовательно, идет процесс, обратный тому, который проходит на заводах при производстве суперфосфата.

На почвах кислых, не насыщенных основаниями, связывание фосфора идет за счет образования фосфатов железа и алюминия:



Эти процессы явно нежелательны, так как фосфаты железа и алюминия растениям практически недоступны.

В результате такого закрепления фосфора в почвах, которое нередко называется ретроградацией, коэффициент использования удобрения растениями сильно снижается.

Чем короче время взаимодействия суперфосфата с почвами, тем меньше фосфора переходит в недоступную для растений форму. Значит, время внесения суперфосфата играет значительную роль в эффективности этого удобрения. В условиях нечерноземной полосы с подзолистыми почвами весеннее внесение суперфосфата по сравнению с осенним может ослабить процесс перехода фосфора суперфосфата в менее доступные для растений соединения.

Для того чтобы закрепление фосфора шло менее интенсивно, суперфосфат лучше перемешивать с меньшим объемом пахотного слоя почвы, т. е. вносить некоторую часть суперфосфата не под вспашку, а, например, под культивацию или даже местно — в рядки и лунки. При рядковом внесении происходит меньшее закрепление фосфора благодаря тому, что удобрение смешивается с меньшим объемом почвы. Поэтому на почвах, богатых полуторными окислами, внесение малых доз суперфосфата в рядки иногда дает такие же прибавки урожая, как и внесение больших доз суперфосфата при смешивании его со всем пахотным слоем почвы.

В табл. 24 приведены прибавки урожая картофеля и озимой пшеницы, приходящиеся на 1 ц суперфосфата при сплошном и рядковом внесении.

Прибавки урожая картофеля на 1 ц удобрения при рядковом его внесении были выше в 2, а озимой пшеницы в 4 раза по сравнению со сплошным его внесением. Таким образом, при недостатке удобрений в хозяйстве следует предпочитать местное их внесение.

Местное внесение суперфосфата хорошо окупается прибавкой урожая на единицу удобрения, так как оказывает хорошее действие на молодую корневую систему растений. Для того чтобы растение имело достаточное количество фосфора в течение всего вегетационного периода, следует производить двуслойное внесение удобрений. Сущность его состоит в том, что большую часть удобрения вносят на глубину вспашки, под плуг, а небольшое количество — в верхний слой перед культивацией поля или в рядки при посеве. Преимущество двуслойного внесения суперфосфата под зерновые культуры проявляется даже на черноземах, где прибавки урожая составляют 1,5—4 ц с 1 га. Еще более выгодно двуслойное внесение суперфосфата в сочетании с фосфоритной мукой, причем фосфоритная мука вносится под плуг, а суперфосфат — в рядки.

С целью уменьшения закрепления фосфора суперфосфата в почве его гранулируют (в виде зерен или крупинок).

Гранулированный суперфосфат из апатитового концентрата должен содержать по ГОСТу 5956—53  $P_2O_5$  не менее 20,5% в I сорте и 19,5% во II. Он удобен для рядкового внесения даже обычными зерновыми сеялками. Гранулирование суперфосфата — наше, советское изобретение, которое очень быстро заимствовали зарубежные страны.

Гранулирование аммиачной селитры вызывалось прежде всего необходимостью уменьшить ее слеживаемость и гигроскопичность, т. е. необходимостью улучшить физические свойства удобрения. При гранулировании суперфосфата преследуется совсем другая цель — уменьшить связывание фосфора в почве.

Сравним количество частиц и их суммарную поверхность в 1 г порошкового и гранулированного суперфосфата (табл. 25).

Как видно из табл. 25, у порошкового суперфосфата суммарная поверхность в 10 раз больше. Отсюда при смешивании с почвой контакт удобрения будет с большей поверхностью почв, а значит, и больше фосфора свяжется в недоступные для растений соединения. У гранулированного суперфосфата поверхность

Таблица 24

Прибавки урожая на 1 ц суперфосфата

Культуры	Прибавки урожая (ц) при внесении удобрения	
	сплошном	рядковом
Картофель . . .	6,0—10,0	15—20
Озимая пшеница	1,5—2,0	5—8

меньше, происходит меньшее соприкосновение с почвой и, следовательно, больше фосфора остается растениям.

При внесении гранулированного суперфосфата во влажную почву большая часть фосфорной кислоты выходит из гранул; вокруг гранулы, на расстоянии 2—3 см, создается очаг со значи-

тельно более высоким содержанием фосфора, чем в остальной почвенной массе. К очагам повышенного содержания фосфорной кислоты вплотную подходят корни растений и прекрасно развиваются, выбирая наиболее оптимальную концентрацию питательного вещества. В очагах повышенного содержания фосфора хорошо размножаются почвенные микроорганизмы, в том числе и азотобактер, обогащающий почву азотом, т. е. создается очаг по-

вышенного содержания не только фосфора, но и азота.

Эффективность гранулированного суперфосфата значительно выше, чем у простого порошковидного. По средним данным Всесоюзного института удобрений и агропочвоведения, в опытах с рядковым внесением порошковидного и гранулированного суперфосфата были получены прибавки урожая, приводимые в табл. 26.

Таблица 26

Прибавки урожая от внесения порошковидного и гранулированного суперфосфата (в ц на 1 га)

Культуры	Доза фосфора (кг на 1 га)	Суперфосфат	
		порошко-видный	гранули-рованный
Озимые:			
на дерново-подзолистых почвах . . . . .	15	1,7	2,5
на черноземах . . . . .	12	1,9	2,8
Сахарная свекла на черноземах . . . . .	14	14,4	22,7
Хлопчатник на сероземах . . . . .	16	2,3	4,0

Гранулированный суперфосфат в связи с его повышенной эффективностью применяется в меньших дозах по сравнению с порошковидным. Чаще всего гранулированный суперфосфат вносят в рядки вместе с семенами зерновых культур в количестве 50—60 кг на 1 га.



Хотя существенного повышения кислотности почв от внесения суперфосфата не наблюдается, тем не менее, нейтрализация порошковидного суперфосфата смешиванием его с небольшим количеством извести, золы или фосфоритной муки дает положительные результаты. Добавлять известь к суперфосфату следует в умеренном количестве, так как избыток ее понижает усвояемость фосфора в удобрении. Лучше всего добавлять 10% извести или 10—20% фосфоритной муки от веса удобрения. На кислых почвах суперфосфат можно вносить с большим количеством извести. Гранулированный суперфосфат выпускается уже в нейтрализованной форме.

Большое поглощение иона  $\text{PO}_4^{3-}$  приводит к тому, что фосфорная кислота суперфосфата почти не передвигается в почве, а закрепляется в том слое, в который удобрение вносится. В связи с этим большую роль играют способ внесения суперфосфата и глубина заделки. Особенно важна глубокая заделка суперфосфата в зоне недостаточного увлажнения, так как там верхние слои почвы пересыхают, корни растений развиваются глубже, и если суперфосфат заделать неглубоко, то растение будет лишено возможности его использовать.

Поверхностный рассев суперфосфата оказывает положительное действие только в зоне достаточного увлажнения и под культуры, у которых корневая система развивается в поверхностных слоях почвы. К таким культурам относятся клевера, поэтому в зоне достаточного увлажнения поверхностная подкормка клеверов суперфосфатом дает хорошие результаты. Под все другие сельскохозяйственные культуры внесение суперфосфата до посева более эффективно, чем применение его в подкормках.

Суперфосфат, к сожалению, содержит мало  $\text{P}_2\text{O}_5$ , и поэтому в настоящее время все больше расширяется производство концентрированных фосфорных удобрений.

Двойной суперфосфат содержит  $\text{P}_2\text{O}_5$  в форме  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . Получается из фосфорита или апатита в процессе обработки их фосфорной кислотой. Производство двойного суперфосфата проходит две стадии. Вначале исходное сырье обрабатывают избытком серной кислоты, при этом выделяется свободная фосфорная кислота. Затем образовавшуюся фосфорную кислоту отфильтровывают от гипса и других примесей и ею обрабатывают новую порцию фосфорита или апатита.

Выпускается под марками А и Б. По ГОСТу 16306—70 в I сорте марки А должно содержаться  $\text{P}_2\text{O}_5$  не менее 49%, во II — 47%; в I сорте марки Б — 44%, во II — 42%.

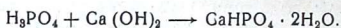
В составе двойного суперфосфата отсутствует гипс. Поэтому удобрение получается более мажущееся, чем простой суперфосфат, и требует специальной сушки. Обычно двойной суперфосфат гранулируется.

Эффективность двойного суперфосфата выше эффективности простого суперфосфата. Однако культуры, положительно реагирующие на внесение гипса, например клевер, дают лучшие урожаи при внесении простого суперфосфата.

Положительными свойствами двойного суперфосфата являются высокая концентрация фосфора, отсутствие балласта и в связи с этим хорошая транспортабельность.

В некоторых зарубежных странах двойной суперфосфат называется тройным.

Преципитат содержит 41,2%  $P_2O_5$  в форме  $CaHPO_4$ . Получается в процессе осаждения фосфорной кислоты известковым молоком. Вначале, так же как и при получении двойного суперфосфата, из фосфорита или апатита извлекается фосфорная кислота. Затем фосфорная кислота осаждается известковым молоком:



Преципитат имеет прекрасные физические свойства: он не гигроскопичен, рассыпчат, сух и хорошо рассеивается. По своей эффективности приближается к суперфосфату. На кислых почвах возможно даже некоторое преимущество преципитата, который менее растворим, чем суперфосфат, и поэтому не так сильно закрепляется почвой. На нейтральных и слабощелочных почвах его действие или равно, или несколько уступает действию суперфосфата.

Обесфторенный фосфат получается обработкой водяным паром смеси апатита с небольшим количеством песка (2—3% кремнезема) при температуре 1450—1550 °С. При такой обработке происходит разрушение кристаллической решетки фторапатита, удаление фтора, который вреден для растений, и переход фосфора в легкорастворимые, усвояемые растениями формы.

Обесфторенный фосфат содержит 34—36% лимоннорастворимой  $P_2O_5$  и обладает хорошими физическими свойствами: рассыпчат, негигроскопичен и не слеживается.

Томасшлак и мартеновский фосфатшлак  $[Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaO$  или  $Ca_4P_2O_9]$  получают в качестве побочных продуктов при переработке железных руд, богатых фосфором, и выплавке стали.

Томасшлак получил свое название по фамилии одного из авторов щелочного метода выработки чугуна — Томаса. Согласно ОСТ 4897 количество  $P_2O_5$ , растворимой в 2%-ной лимонной кислоте, должно быть не ниже 14%, водорастворимой  $P_2O_5$  томасшлак не содержит.

В составе томасшлака имеется около 10—12% свободной окиси кальция, поэтому его нельзя смешивать с аммиачными солями.

Мартеновский фосфатшлак по своему химическому составу аналогичен томасшлаку. Согласно ЧМТУ 4733—55 в I сорте содержится 12% и во II 8% лимоннорастворимой  $P_2O_5$ .

При применении фосфатшлаков на нейтральных почвах их эффективность считают равной примерно 80% эффективности суперфосфата. На кислых же почвах вследствие наличия  $CaO$  они эффективнее суперфосфата.

Термофосфаты ( $Na_2O \cdot 3CaO \cdot P_2O_5 + SiO_2$ ) — соединения сложного химического состава с содержанием лимоннорастворимой  $P_2O_5$  от 25 до 30%.

Получаются спеканием (или сплавлением) фосфоритов или апатитов со щелочными солями. По своим свойствам ближе всего к томасшлаку и мартеновскому фосфатшлаку, которые также рассматриваются как один из видов термических фосфатов.

Термофосфаты имеют щелочную реакцию и поэтому в зоне кислых почв более эффективны, чем суперфосфат.

Метафосфаты — производные метафосфорной кислоты ( $HPO_3$ ). В настоящее время изучается производство метафосфатов кальция, калия и аммония. Содержание  $P_2O_5$  в них колеблется от 63 до 68%. В силу большого содержания фосфора они являются перспективными удобрениями.

**Общие условия применения и эффективность фосфорных удобрений.** Обобщая все сказанное выше по отдельным видам фосфорных удобрений, следует отметить, что в большинстве удобрений фосфорная кислота связана с кальцием. Растворимость же различных соединений фосфора с кальцием неодинакова. Степень растворимости фосфорных удобрений является главной причиной их неодинакового взаимодействия с почвой, различий по доступности фосфора растениям и по способам применения удобрений. Конечно, имеют значение также степень концентрированности удобрений, содержание примесей (гипса, микроэлементов).

Однозамещенный фосфат кальция —  $Ca(H_2PO_4)_2$ , входящий в состав суперфосфатов (простого, гранулированного, двойного), содержит фосфор в воднорастворимой форме. В двухзамещенном фосфате кальция —  $CaHPO_4$  (преципитат) и в тетрафосфате кальция —  $Ca_4P_2O_9$  (фосфатшлаки) фосфор хотя и находится не в воднорастворимом состоянии, но растворяется в слабых кислотах и, таким образом, вполне доступен растениям. И, наконец, в трехзамещенном фосфате кальция —  $Ca_3(PO_4)_2$  (фосфоритная и костяная мука) фосфор находится в труднорастворимом, а значит, и труднодоступном для растений состоянии.

Возможны два случая взаимодействия удобрения с почвой: почва может оказывать благоприятное действие на растворение труднорастворимых фосфатов, или она может способствовать закреплению хорошо растворимых фосфатов и, таким образом, уменьшать доступность удобрения растениям.

С характером взаимодействия фосфорных удобрений с почвой связаны и различные способы их внесения. Так, все трудно-растворимые фосфаты нужно вносить на кислые почвы заблаговременно до посева и хорошо перемешивать со всем пахотным слоем. Растворимые фосфаты следует вносить незадолго до посева и по возможности смешивать с меньшим количеством почвы. Практически одним из наиболее эффективных способов внесения растворимых фосфатов является их использование для местного внесения.

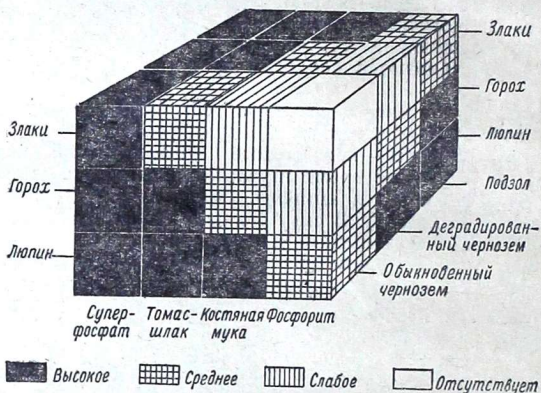


Рис. 11. Схема действия фосфатов в зависимости от особенностей растений, почв и удобрений.

Малая подвижность фосфора в почве, с одной стороны, приводит к тому, что в отличие от азотных удобрений эффективность подкормок фосфором значительно ниже эффективности его при внесении до посева или при посеве; с другой стороны, она обуславливает незначительные потери фосфора в процессе вымывания и обеспечивает очень длительное последствие фосфорных удобрений. Эти особенности позволяют вносить фосфорные удобрения с расчетом их действия в течение ряда лет.

Только некоторые сельскохозяйственные культуры (люпин, гречиха, горох, горчица) хорошо используют фосфор трудно-растворимых фосфатов, большинство же культур (зерновые, корнеплоды и др.) требует применения легкорастворимых фосфатов. Взаимосвязь между эффективностью главнейших видов фосфорных удобрений, особенностями растений и свойствами почв хорошо иллюстрируется графической схемой Д. Н. Прянишникова (рис. 11).

Средние дозы фосфорных удобрений при сплошном допосевном внесении для большинства полевых культур, в том числе для зерновых и льна, колеблются от 45 до 60 кг  $P_2O_5$  на 1 га; для конопли, кукурузы, сахарной свеклы, капусты, корнеплодов, плодово-ягодных культур — 90—120 кг  $P_2O_5$ ; для чая и цитрусовых (на красноземах) — 120—150 кг  $P_2O_5$  на 1 га. Это примерные дозы, которые уточняются в зависимости от конкретных условий хозяйства.

Можно отметить, что в отличие от азотных удобрений даже высокие дозы фосфорных удобрений (особенно двух- и трехзамещенных фосфатов) не оказывают отрицательного действия на растения. Из этого не следует, что нужно стремиться к высоким дозам фосфорных удобрений; необходимо правильно применять средние и малые дозы, что диктуется и экономическими соображениями.

Большую помощь в уточнении доз оказывают агрохимические карты содержания в почвах подвижных соединений фосфора (рис. 12).

Использование карт позволяет более точно выбрать целесообразную дозу удобрения с учетом многих условий и в том числе выгодную по экономическим соображениям. Подробнее этот вопрос рассматривается ниже.

Эффективность фосфорных удобрений зависит от особенностей удобрений, почв и растений, но при обоснованном, правильном применении удобрений всегда бывает значительной. В опытах, проведенных в совхозах, колхозах и на полях научно-исследовательских учреждений, от внесения различных фосфорных удобрений в количестве 60 кг  $P_2O_5$  на 1 га на подзолистых почвах при выращивании картофеля и на деградированных черноземах при выращивании сахарной свеклы получены следующие прибавки урожая (табл. 27).

Таблица 27

Средние прибавки урожая от внесения фосфорных удобрений  
(в процентах)




Удобрения	Удобрения		Картофель	Сахарная свекла	
	Картофель	Сахарная свекла			
Суперфосфат . . .	38	44	Томасшлак . . . .	29	36
Двойной суперфосфат . . . . .	39	42	Фосфоритная мука (двойная доза)	23	26
Преципитат . . . .	38	39			

Об эффективности суперфосфата и фосфоритной муки при основном их внесении под озимую рожь можно судить по данным 1086 полевых опытов (табл. 28).



Рис. 12. Агрохимическая карта содержания подвижных фосфатов (по Л. И. Кораблевой и Е. Т. Музычкину).

Условные обозначения

Штриховка	Обеспеченность	Пойменные почвы			
		содержание $P_2O_5$ (мг на 100 г почвы, по Чирикову)	дозы суперфосфата (ц/га)		
			капуста	корне-плоды	картофель
	Низкая	Меньше 5	3—5	3—4	2,5—3,0
	Средняя	5—10	2—3	2—3	1,5—2,0
	Высокая	Больше 10	Не требуется		




Штриховка	Обеспеченность	Дерново-подзолистые почвы				
		содержание $P_2O_5$ (мг на 100 г почвы, по Кирсанову)	дозы суперфосфата (ц/га)			
			зерновые	картофель	кукуруза	травы
	Низкая	Меньше 10	2,0—3,0	2,5—4,0	2,5—4,0	2,5—3,0
	Средняя	10—20	1,5—2,0	2,0—3,0	2,0—3,0	2,0—2,5
	Высокая	Больше 20	0,5—1,5	1,5—2,0	1,0—2,0	1,0—2,0

Таблица 28

Различия в эффективности сохраняются и при обобщении материалов по ряду культур. Так, по сводке С. В. Щербы, если принять эффективность простого суперфосфата на подзолистой почве за 100%, относительная эффективность других фосфорных удобрений составит (в процентах): двойного суперфосфата — 100, преципитата — 115, томасшлака — 135, фосфоритной муки в одинарной дозе — 85, фосфоритной муки в двойной дозе — 125.

Влияние суперфосфата и фосфоритной муки на урожай зерна озимой ржи в зависимости от почв  
(в ц на 1 га)

Почвы	Прибавки урожая	
	от суперфосфата (45 кг/га $P_2O_5$ )	от фосфоритной муки (90 кг/га $P_2O_5$ )
Подзолистые . . . . .	3,5	3,1
Серые лесные . . . . .	2,6	2,1
Черноземы: деградированные и выщелоченные . . . . .	3,7	3,3
мощные . . . . .	4,1	2,6
обыкновенные . . . . .	3,6	1,3
южные . . . . .	1,2	0,6

Существует определенная связь между эффективностью фосфорных удобрений и содержанием в почве доступного фосфора. Результаты опытов по применению суперфосфата на некоторых разновидностях подзолистых почв показали наибольшее повышение урожая овса на почвах с малым содержанием  $P_2O_5$ .

#### Вопросы для самопроверки

- Какова роль фосфора в жизни растений?
- В каком количестве и в виде каких соединений находится фосфор в почвах?
- Что является сырьем для производства фосфорных удобрений? Укажите основные месторождения.
- Производство и условия эффективного применения фосфоритной муки.
- Как получают простой суперфосфат? Напишите схематическую реакцию производства суперфосфата.
- Какие приемы повышают эффективность суперфосфата?

7. Каково взаимодействие суперфосфата с почвами?
8. Для чего суперфосфат гранулируется?
9. Как производится двойной суперфосфат, преципитат и обесфторенный фосфат? Свойства и преимущества этих удобрений перед простым суперфосфатом?
10. Как получают мартеновский фосфатшлак и термофосфаты? Каковы свойства этих удобрений?
11. Укажите примерные дозы внесения фосфорных удобрений под различные культуры.
12. Перечислите основные общие условия применения фосфорных удобрений.
13. Какие прибавки урожая зерна, картофеля и сахарной свеклы можно получить от применения фосфорных удобрений?

## КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

**Калий в растениях.** Калий является таким же необходимым химическим элементом для жизни растений, как азот и фосфор.

Однако в отличие от азота и фосфора калий в растениях не образует прочных органических соединений. Значительная часть его содержится в клеточном соке и обладает высокой подвижностью. Отсутствие в растениях прочных органических соединений калия и его высокая подвижность приводят к тому, что некоторая часть калия ночью выделяется через корни, а днем вновь поглощается растением. Обильные дожди могут вымывать из растения значительные количества калия.

Наибольшее количество калия сосредоточено в молодых, жизнедеятельных клетках, где идут интенсивные процессы обмена. В составе золы молодых частей растения содержание калия достигает 50% от веса всей золы.

Калий имеет большое значение в накоплении и транспортировке углеводов в растениях, усиливая отток сахаров из листьев в другие органы. Он обладает способностью стимулировать ферментативные процессы в растениях, хотя сам в состав ферментов не входит.

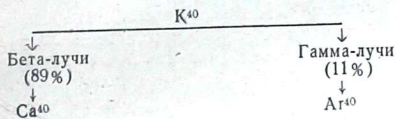
Существенное влияние оказывает калий на физическое состояние коллоидных веществ плазмы. Он увеличивает гидрофильность (оводненность) растительных клеток и оказывает сильное влияние на осмотическое давление клеточного сока. Эта способность калия поддерживать тургор клеток и объясняет большое его значение в повышении зимостойкости и засухоустойчивости растений. Калий повышает устойчивость растения к поражению грибными заболеваниями как в период роста растений, так и при хранении продукции. Растения, выращенные при достаточном количестве калия в питательной среде, дают высококачественную продукцию. Он способствует накоплению сахара в плодах и овощах, крахмала в картофеле и повышению прочности волокна у прядильных культур.

Большое значение калия в жизни растений связано с его радиоактивностью. Как известно, природный калий состоит из



смеси трех изотопов, т. е. видов атомов с одинаковыми химическими свойствами, но различающихся по атомному весу. Такими атомами калия являются:  $K^{39}$  (93,08%),  $K^{40}$  (0,011%) и  $K^{41}$  (6,91%); из них радиоактивными свойствами обладает только изотоп калия с атомным весом 40 ( $K^{40}$ ).

Сложный процесс превращений атомов  $K^{40}$ , имеющих радиоактивные свойства, можно схематически представить как превращение 89% атомов в нерадиоактивные (стабильные) изотопы кальция с атомным весом 40 ( $Ca^{40}$ ), в процессе которого испускаются бета-лучи или электроны. Остальные 11% атомов  $K^{40}$  превращаются в нерадиоактивные атомы аргона с весом 40 ( $Ar^{40}$ ), причем возникают электромагнитные колебания в виде гамма-лучей:



Оба вида излучений создают дополнительную, необходимую растениям внутриклеточную энергию. Значение энергии излучений калия совершенно неоспоримо, если принять во внимание, что она составляет в количественном выражении (в эргах) до 80% всей поглощаемой тканями растений энергии альфа-, бета- и гамма-излучений.

Очень важное свойство живого вещества — его радиоактивность в основном обусловлено содержанием в нем радиоактивного изотопа калия. По нашим данным, бета-излучения калия составляли в ботве картофеля 32%, в клубнях — 64, в листьях свеклы — 47, в корнеплодах — 70% от общего количества бета-излучений в указанной продукции растений.

Установлено, что процесс фосфорилирования, т. е. превращения углеводов с участием АТФ как передатчика энергии, связан с наличием калия, а фосфорилирование пировиноградной кислоты протекает только в присутствии калия. Обнаружено, что молодые организмы требуют и содержат больше калия, чем взрослые. Это относится не только к растениям, но и человеку. Так, например, потребность взрослого человека в калии составляет в сутки примерно 2—3 мг на 1 кг его веса, а потребность грудного ребенка достигает 12—13 мг на 1 кг веса.

При недостатке калия в растениях тормозится синтез белков и углеводов, накапливается небелковый азот и растения плохо усваивают аммиачные формы азота. Происходит нарушение нормальной окраски и даже опадение листьев. Пожелтение и отмирание листьев начинается с верхушки и распространяется вниз по краям, а затем между жилками. Краевой ожог, или запал, листьев является характерным признаком калийного голодания. При недостатке калия листья теряют тургор и вяло повисают

даже при выращивании в водных культурах. Зерно у злаков получается щуплое и невсхожее.

Калийные удобрения имеют особое значение, так как это единственные из общепризнанных удобрений, обладающие естественной радиоактивностью.

По выносу калия средними урожаями различных культур выделяется ряд так называемых калиелюбивых культур. Например, при урожае 20—25 ц зерна с 1 га зерновые культуры выносят всего только 50—60 кг  $K_2O$ , а сахарная свекла при урожае корнеплодов 250—300 ц с 1 га — 150—200 кг  $K_2O$ . Кроме сахарной свеклы, к таким калиелюбивым культурам, требующим особенно много калия, относятся все кормовые корнеплоды, овощные культуры, кукуруза, картофель.

**Калий в почвах.** Общее содержание калия в различных почвах весьма различно и, за исключением торфяников и песчаных почв, всегда довольно большое. Если содержание в почве фосфора представляется десятими долями процента, то общие запасы калия исчисляются целыми процентами. Как правило, общее количество калия колеблется в пределах от 1 до 2,5%. Больше всего калия содержится в глинистых и суглинистых почвах. В почвах легкого механического состава, т. е. в песчаных и супесчаных, его значительно меньше. Очень бедны калием кислые торфяные почвы.

Общее содержание калия в почве складывается из калия горных пород и минералов, обменного калия и калия воднорастворимых солей. Большая часть калия представлена калием горных пород и минералов. Эти формы калийных соединений характеризуются малой растворимостью, а значит, и малой доступностью для растений. Они становятся доступными растениям только в результате процессов выветривания, т. е. разрушения и превращения горных пород и минералов в другие, более простые минералы и соли.

Обменным, или поглощенным, называют калий, входящий в состав катионов почвенного поглощающего комплекса. Количество поглощенного калия в почвах сравнительно невелико и составляет не более 0,5—1% от общего его количества. Обменный калий доступен для растений.

В форме воднорастворимых солей калия содержится еще меньше, чем в форме обменного калия (не более 10% от обменного). Содержание различных форм калия ( $K_2O$ ) в почвах СССР приводится в табл. 29.

Калий, входящий в состав неразложившихся остатков растений и микроорганизмов, довольно быстро выщелачивается водой и поступает в почву в легкорастворимой форме. Содержание этой формы не превышает 0,5% от общего количества калия в почве.

Почвенный калий, так же как и калий растений, имеет в своем составе 0,011% радиоактивного изотопа калия ( $K^{40}$ ).

Содержание форм калия ( $K_2O$ ) в почвах СССР

Почвы	Общие запасы калия (процент)	Калий (мг на 100 г почвы)	
		обменный	воднорастворимый
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные . . . . .	1,7—2,0	4—10	0,2—0,4
Дерново-подзолистые суглинистые . . . . .	2,0—2,2	5—12	0,5—0,8
Черноземы . . . . .	2,3—2,5	10—15	1,0—1,5
Каштановые . . . . .	2,1—2,4	8—12	1,1—1,3
Сероземы . . . . .	1,9—2,3	15—25	2,0—2,5

В связи с этим его бета-излучения составляют в среднем около 66% всех бета-излучений почвы, количество которых при увеличении содержания калия в почве достигает 80—90%. На гамма-излучения калия в почве приходится в среднем 43% от всех гамма-излучений. Излучения калия и других радиоактивных элементов изменяют условия жизни микроорганизмов, семян растений, растущих корней и различные биохимические процессы и физико-химические явления. Следует иметь в виду, что эти изменения происходят не только под влиянием калия почвы, но и калия вносимых калийных удобрений.

Круговорот калия складывается для хозяйств более благоприятно, чем фосфора. В противоположность фосфору (и азоту) калий главным образом содержится в нетоварной части продукции — в листьях, стеблях, соломе, в связи с чем большая его часть возвращается на поля вместе с навозом. По этой причине потребность в калийных удобрениях обычно наступает позднее, чем в азотных и фосфорных. Однако надо помнить, что с урожаем выносятся калия значительно больше, чем фосфора, а иногда и азота, и поэтому внесение калийных удобрений является необходимым условием дальнейшего повышения плодородия почв и увеличения урожайности.

**Виды калийных удобрений и сырье для их производства.** В довоенное время в нашей стране производились удобрения, которые содержали калий преимущественно в форме различных хлористых солей в чистом виде или с примесями других солей (хлористый калий, 30%-ные и 40%-ные калийные соли, сильвинит, каинит).

В настоящее время значительно расширяется производство калийных удобрений и получение отходов промышленности с сернокислой формой калия (сульфат калия, калимагнезия, или сульфат калия-магния, калимаг, цементная пыль).

Главным источником сырья для производства калийных удобрений служат природные залежи калийных солей, из которых наиболее распространены сильвин, сильвинит, карналлит, каинит, лангбейнит, полигалит.

Наиболее крупными месторождениями калийных руд считаются Уральское (Соликамское), Прикарпатское, или Стебниковское, Белорусское (Старобинское) и Заволжское.

Кроме того, имеются месторождения в Туркмении и некоторых других районах страны. По запасам сырья для производства калийных удобрений наша страна занимает первое место в мире.

Добываемые породы калийных солей или непосредственно после размола используются как удобрение (сырые калийные удобрения), или служат сырьем для производства более концентрированных калийных удобрений.

Сильвинит содержит калий в виде  $KCl$  с примесью  $NaCl$ . Содержание окиси калия колеблется от 14 до 18%. Получается при размоле сильвинитовой породы.

Это низкопроцентное удобрение, поэтому перевозить его на большие расстояния невыгодно; следовательно, применять его нужно в местах, расположенных недалеко от месторождений сильвинитовой породы. Применение сильвинита ограничивается также содержанием в нем довольно большого количества хлора. Особенно чувствительны к хлору картофель, табак, виноград, лен, конопля, гречиха, клевер, ягодные культуры. По этой причине вносить сильвинит под эти культуры следует заблаговременно, с осени. При таком внесении хлор, который не поглощается почвой, вымывается из нее водой. Но для сахарной свеклы это очень хорошее удобрение, что связано с большим количеством натрия, входящего в его состав.

Сильвинит является физиологически кислым удобрением. Поэтому на подзолистых почвах при систематическом его применении необходимы периодическая проверка реакции почвы и известкование.

По внешнему виду сильвинит представляет собой смесь преимущественно крупных кристаллов белого, розового и иногда синеватого цвета. Физические свойства сильвинита довольно хорошие — он мало гигроскопичен и хорошо рассеивается, но при длительном хранении может слеживаться.

Каинит содержит калий в виде двойной соли  $KCl \cdot MgSO_4 \times 3H_2O$ . Удобрение с большой примесью (до 50%) сернокислого магния и некоторых хлористых солей. Содержание окиси калия колеблется от 10 до 12%. Получается при простом размоле каинитовой породы.

При применении следует учитывать, что это удобрение низкопроцентное и в действительности содержит большее количество хлора, чем это следует из приведенного выше состава минерала каинита.

В качестве калийных удобрений, кроме сильвинита и каннита, применяются и другие, так называемые сырые калийные соли, получающиеся простым размолотом природных залежей калийсодержащих агрономических руд. К их числу относятся полигалит, шенит, лангбейнит и карналлит.

Большие залежи сернокислых солей в виде полигалита ( $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) обнаружены в Южном Приуралье, в частности в Актюбинской, Оренбургской, Саратовской, Уральской областях и в Башкирской АССР. В некоторых пластах имеется до 85—90% природной соли полигалита.

В полигалите содержится 12—14,5%  $K_2O$  или 20—25%  $K_2SO_4$ , 5,8—6%  $MgO$  или 10—20%  $MgSO_4$ , до 0,005—0,01% лития, до 0,003% марганца, до 0,0001% меди и ряд других элементов, представляющих интерес в качестве микроудобрений.

Хлористый калий ( $KCl$ ) в зависимости от сорта содержит 58,1—60% окиси калия. Является главным калийным удобрением. Получается из сильвинита и карналлита, переработка которых состоит из двух стадий: 1) механической обработки минералов, заключающейся в дроблении и размоле породы; 2) химической обработки, которая состоит в отделении  $KCl$  от основной массы  $NaCl$ . Разделение основано на различной растворимости этих солей. При охлаждении горячего насыщенного раствора сильвинита  $KCl$  выпадает в осадок, а  $NaCl$  остается в растворе.

В результате такого разделения получается удобрение в виде очень мелких кристаллов, что обуславливает его значительную слеживаемость. При добавлении жирных соединений производится удобрение, которое не слеживается. Существуют и другие, более совершенные способы получения хлористого калия, например методом флотации, центрифугированием и др.

Хлористый калий, вырабатываемый методом флотации, слеживается мало. При разделении  $KCl$  и  $NaCl$  центрифугированием получают крупные (до 4 мм) несслеживающиеся кристаллы. Такое удобрение содержит около 50%  $K_2O$ .

Хлористый калий — удобрение концентрированное, содержащее в 4—5 раз меньше хлора, чем сильвинит. Поэтому хлористый калий можно вносить в почву без особой осторожности, даже под культуры, чувствительные к хлору, и необязательно заблаговременно.

30%-ные и 40%-ные калийные соли получают, смешивая хлористый калий с размолотым сильвинитом (или каннитом). Состоят из хлористых солей калия и натрия ( $KCl + NaCl$ ), причем количество хлористого натрия достигает 35%. Содержат 30 и 40% окиси калия. С одной стороны, это более концентрированные удобрения, чем сильвинит, с другой стороны, менее дорогие, чем хлористый калий. По своему составу и свойствам они занимают промежуточное положение между сильвинитом и хлористым калием.

Они мало гигроскопичны, хорошо рассеиваются, однако при длительном хранении могут слеживаться. При удобрении культур, чувствительных к хлору, большое значение имеет заблаговременное их внесение.

Сернокислый калий ( $K_2SO_4$ ) содержит не менее 48% окиси калия. Получается разложением хлористого калия серной кислотой или перекристаллизацией сырых лангбейнитовых пород. По внешнему виду это мелкокристаллическая соль. Удобрение негигроскопичное, хорошо рассеивается и при хранении не слеживается. Для всех культур, чувствительных к хлору, является наилучшим калийным удобрением.

Калимагнезия и калимаг ( $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$ ) получают перекристаллизацией сырых калийных солей лангбейнитовой породы или их выщелачиванием. Калимагнезия содержит 28—30%, а калимаг — 16—19% окиси калия.

Оба удобрения обладают хорошими физическими свойствами — негигроскопичны и не слеживаются. Это хорошие удобрения для всех культур, чувствительных к хлору.

Калий-электролит ( $KCl + MgCl_2$ ) содержит около 32% окиси калия. Получается как отход при производстве магния из карналлита. Содержит много хлора, поэтому по своему действию приближается к сильвиниту.

Поташ ( $K_2CO_3$ ) содержит 52—55% окиси калия. Получается как отход алюминиевого производства из нефелина. В его составе отсутствует хлор. Обладает щелочной реакцией. Является хорошим удобрением на кислых почвах и под культуры, чувствительные к хлору.

Однако его физические свойства очень плохие — он слеживается, сильно гигроскопичен, расплывается, плохо рассеивается. Для улучшения физических свойств поташ смешивают с сухим фрезерным торфом в отношении 1:1.

Цементная пыль содержит около 15% окиси калия в виде  $K_2SO_4$  с примесью силикатов и карбонатов кальция. Получается как отход на цементных заводах. Удобрение обладает значительной гигроскопичностью, слеживается и плохо рассеивается.

**Общие условия применения и эффективность калийных удобрений.** Как уже указывалось ранее, наиболее бедны калием подзолистые почвы легкого механического состава и кислые торфянистые почвы. На этих почвах все сельскохозяйственные культуры при применении калийных удобрений дают, как правило, значительные прибавки урожая.

При внесении калийных солей в почвы, не насыщенные основаниями, происходит подкисление почвенного раствора, которое неблагоприятно влияет на развитие растений.

Кроме того, оказывает влияние и физиологическая кислотность калийных солей, т. е. большее поглощение растениями  $K^+$ , чем  $Cl^-$  или  $SO_4^{2-}$ . Все это вместе взятое не может не ска-

заться на изменении реакции почв и развитии растений. Поэтому на сильнокислых почвах применение калийных солей, особенно низкопроцентных, должно сопровождаться периодическим известкованием.

На черноземах калийные удобрения применяются преимущественно при выращивании культур, потребляющих много калия (сахарная свекла, плодовые); на сероземах — только на орошаемых участках (хлопчатник), а на солонцеватых почвах, солонцах и солончаках вносить калийные удобрения, как правило, нецелесообразно.

Очень хорошее действие оказывает внесение калийных солей совместно с фосфоритной мукой. При этом условия повышенной кислотности почвенного раствора смягчается кальцием, а фосфор фосфоритной муки под влиянием некоторой кислотности, создаваемой калийными солями, переходит в более доступное для растений состояние.

Все калийные удобрения хорошо растворимы в воде. При взаимодействии с почвой калий удобрения переходит преимущественно в обменную форму, но доступность его растениям почвы не уменьшается. Это позволяет и глубоко заделывать калийные удобрения в почву, и давать в виде подкормок.

Однако часть калия удобрений может переходить в почвах в необменное поглощенное состояние, т. е. в недоступную или малодоступную для растений форму. Испытания ВИАУ установили, что необменное поглощение калия может достигать на дерново-подзолистых суглинистых почвах и на черноземах 20—40% от внесенного калия.

Процесс необменного поглощения калия удобрений в почве и понижение его доступности для растений объясняются (по В. Пчелкину) главным образом заземлением калия межслоевым пространством кристаллической решетки минералов. На черноземах и других почвах, обогащенных гумусом, поглощение его может производиться и органо-минеральным комплексом почвы.

По исследованиям М. С. Жукова, фиксация калия почвами находится в обратной зависимости от степени их окультуренности и содержания в них обменного калия: чем ниже окультуренность почвы и содержание в ней обменного калия, тем относительно больше она способна закреплять калий в необменной форме.

Одним из важнейших условий хорошего действия калийных удобрений является достаточная обеспеченность растений другими элементами питания, особенно азотом и фосфором.

Средние дозы калийных удобрений для большинства сельскохозяйственных культур составляют 45—60 кг  $K_2O$  на 1 га. Для культур с повышенной потребностью в калии (свекла, картофель, табак, плодовые, овощные) дозы калийных удобрений увеличиваются до 90—120 кг  $K_2O$  на 1 га.

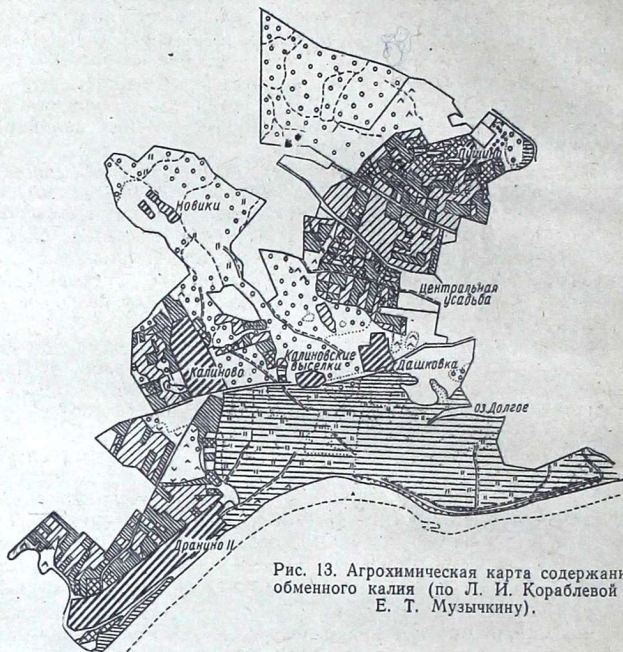





Рис. 13. Агрохимическая карта содержания обменного калия (по Л. И. Кораблевой и Е. Т. Музычкину).

Условные обозначения

Штриховка	Обеспеченность	Пойменные почвы			
		содержание $K_2O$ (мг на 100 г почвы)	дозы хлористого калия (ц/га)		
			капуста	корне-плоды	картофель
	Низкая	Меньше 15	3,0—5,0	2,5—3,0	2,0—3,0
	Средняя	15—20	1,5—2,0	1,5—2,0	1,5—2,0
	Высокая	Больше 20	1,0—1,5	1,0—1,5	0,5—1,0



Указанные примерные дозы по группам сельскохозяйственных культур обязательно уточняют (увеличивают или снижают) на основании картограмм содержания подвижных форм калия в почвах хозяйства (рис. 13). Более подробно вопрос об уточнении доз калийных удобрений рассматривается далее.

Отношение различных культур к калийным удобрениям является очень важным критерием для выбора вида калийного удобрения и способа его применения.

Под культуры, чувствительные к хлору (виноград, лен, конопля, гречиха, клевер, ягодные, картофель, табак и др.), не следует вносить удобрения, содержащие большое количество хлора, т. е. сырые хлористые соли; их нужно заменять сульфатами. В крайнем случае можно рекомендовать лишь заблаговременное, осеннее, внесение низкопроцентных удобрений, содержащих хлор, чтобы последний успел вымыться из почвы до посева культуры.

Лучшим видом калийных удобрений под картофель по выходу крахмала является сернокислый калий. В табл. 30 приведены данные об отношении картофеля к различным калийным удобрениям на подзолистой суглинистой почве Московской области.

Применение сырых хлористых солей под картофель ухудшает его вкусовые качества и лежкость.

Примером противоположного отношения к видам калийных удобрений может служить кормовая и сахарная свекла. На подзолистой суглинистой почве Московской области, по данным Долгопрудной агрохимической опытной станции, кормовая свекла дала самый высокий урожай при применении сельвинита (табл. 31).

По данным Мироновской селекционно-опытной станции, на черноземах Украины при внесении сельвинита урожай корнеплодов сахарной свеклы увеличился на 65 ц, а при внесении хлористого калия — на 29 ц с 1 га. Содержание сахара в корне-

Условные обозначения к рис. 13




Штриховка	Обеспеченность	Дерново-подзолистые почвы				
		содержание $K_2O$ (мг на 100 г почвы)	дозы хлористого калия (ц/га)			
			зерновые	картофель	кукуруза	травы
	Низкая	Меньше 10	1,5—2,0	2,5—3,5	2,5—3,0	2,0—2,5
	Средняя	10—15	1,0—1,5	2,0—3,0	2,0—2,5	1,5—2,0
	Высокая	Больше 15	—	0,5—1,0	1,0—1,5	0,5—1,0

Таблица 30

## Влияние калийных удобрений на урожай и качество картофеля

Удобрения	Урожай клубней (ц/га)	Содержание крахмала (процент)	Сбор крахмала (ц/га)
Контроль (без удобрения) . . .	129	16,2	20,9
NP (фон) . . . . .	166	15,6	25,9
NP + KCl . . . . .	211	14,6	30,8
NP + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	217	15,4	33,4
NP + 40%-ная калийная соль	224	14,3	32,0
NP + сильвинит . . . . .	222	12,6	28,0

Таблица 31

## Влияние различных калийных удобрений на урожай кормовой свеклы (средние данные за 4 года)

Удобрения	Урожай корнеплодов (ц/га)	Прибавки урожая	
		ц/га	процент
Контроль (без удобрения) . . . . .	219	—	—
NP (фон) . . . . .	268	—	—
NP + сильвинит . . . . .	504	236	88
NP + 40%-ная калийная соль . . . . .	404	136	51
NP + KCl . . . . .	345	77	29
NP + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	353	85	31

плодах по сильвиниту возросло на 0,97%, по хлористому калию — на 0,4%.

Таким образом, эффективность применения калийных удобрений зависит не только от особенностей почв и растений, но и от характера аниона солей калия, а также от состава примесей (NaCl, MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>) и их количества.

## Вопросы для самопроверки

1. Какое значение имеет калий в растениях?
2. В чем проявляется радиоактивность калия и калийных удобрений?
3. Запасы и формы соединений калия в почвах.
4. Что является сырьем для производства калийных удобрений?
5. Назовите главнейшие месторождения калийных руд.
6. Перечислите сырые калийные соли, используемые в качестве удобрений.

7. Состав, свойства, получение и применение хлористого калия.
8. Состав, свойства и особенности применения сильвинита.
9. Расскажите о сернокислых формах калийных удобрений, о других калийных удобрениях (30%-ные, 40%-ные калийные соли, поташ, цементная пыль).
10. Взаимодействие калийных удобрений с почвой.
11. Как относятся основные сельскохозяйственные культуры к различным калийным удобрениям?
12. С какими условиями связаны дозы и способы применения калийных удобрений?
13. Что дает для практики применения удобрений картограмма содержания подвижного калия в почвах хозяйства?

## МИКРОУДОБРЕНИЯ И РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

### ПОНЯТИЕ О МИКРОУДОБРЕНИЯХ

Микроудобрения — это удобрения, имеющие в своем составе микроэлементы, т. е. элементы, нужные растениям в чрезвычайно малом количестве. Так, например, в сахарной свекле при урожае корнеплодов 270 ц с 1 га содержится следующее количество элементов питания: N — 166 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 42, K<sub>2</sub>O — 157, B — 0,162, Mn — 0,502, Cu — 0,053, Zn — 0,188, Co — 0,002 кг. Однако всегда следует учитывать, что в действии на растения нет резкого различия между элементами, требующимися в малом и большом количествах. Иногда недостаток какого-нибудь микроэлемента может более резко сказаться на развитии растений, чем недостаток макроэлементов (азота, фосфора и калия).

В материалах VI Всесоюзного совещания по микроэлементам (1970 г.) приводится расчет потребности сельского хозяйства СССР в микроудобрениях только на ту площадь посева, которая будет обеспечена основными видами минеральных удобрений (в пересчете на элемент, т): на 1975 г. — борных 2033, молибденовых 510, марганцевых 45 255; на 1980 г. — соответственно 2585, 885 и 55 720.

Интересен тот факт, что в решении вопроса о значении микроэлементов в питании растений существенную роль сыграло установление природы непонятных прежде заболеваний сельскохозяйственных животных. Оказалось, что животные часто болеют потому, что в корме, который они поедают, нет необходимого количества какого-либо микроэлемента.

Из-за недостатка микроэлементов заболевают и люди. Например, эндемический зоб связан с недостатком йода.

В СССР уже разработаны методы оценки почв по содержанию в них ряда микроэлементов. На основании таких оценок облегчается решение вопросов применения микроудобрений (табл. 32).

Агроному приходится иметь дело главным образом с борными, медными, марганцевыми и молибденовыми удобрениями.

Оценка почв по содержанию в них микроэлементов  
(по Г. Я. Ринькису)

Оценка почв	Содержание микроэлементов (мг на 1 кг почвы)					
	В (в водной вытяжке)	Сu (в 1-нормальной HCl)	Mn (в 0,1-нормальной H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Mo (в оксидной вытяжке)	Zn (в 1-нормальной KCl)	Co (в 1-нормальной HNO <sub>3</sub> )
Очень бедные . . . . .	< 0,1	< 0,3	< 1	< 0,05	< 0,2	< 0,2
Бедные . . . . .	0,1—0,2	0,3—1,5	1—10	0,05—0,15	0,2—1,0	0,2—1,0
Средние . . . . .	0,3—0,5	2—3	20—50	0,20—0,25	2—3	1,5—3,0
Богатые . . . . .	0,6—1,0	4—7	60—100	0,3—0,5	4—5	4—5
Очень богатые . . . . .	> 1	> 7	> 100	> 0,5	> 5	> 5

### БОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Бор активно участвует во многих жизненных процессах. Очень большое влияние его на плодоношение объясняется тем, что он способствует прорастанию пыльцы и росту пыльцевых трубок. Многие цветки при отсутствии бора не оплодотворяются, опадают, в результате семян получается очень мало, или они вообще не образуются. В связи с этим исключительно большое значение приобретают борные удобрения на семенных посевах.

При недостатке бора происходит гибель главной точки роста стебля и отмирание верхушечных почек. У льна недостаток бора вызывает усиленное развитие пазушных побегов, придает растениям кустообразную форму, приводит к резкому уменьшению урожая семян и ухудшению качества льноволокна.

Свекла (сахарная, столовая и кормовая) при недостатке бора заболевает сердцевинной, или сухой, гнилью, которая выражается в отмирании сердцевинных листьев, а в резких случаях — в образовании сухой гнили корнеплода, что приводит к дуплистости, иногда почти к полному разрушению корнеплода. Аналогичные заболевания наблюдаются у турнепса, брюквы и других культур.

Бор обладает способностью улучшать снабжение растений и в первую очередь их корневой системы кислородом. Это объясняется тем, что бор способен образовывать со спиртами, оксикислотами, сахарами и другими органическими соединениями органические перекиси, снабжающие корни необходимым им кислородом, доступ которого может быть затруднен, например на заболоченных почвах.

Бор оказывает влияние на углеводный и белковый обмен в растениях, а также усиливает многие ферментативные процессы. Поэтому под влиянием бора увеличиваются сахаристость сахар-

ной свеклы, количество крахмала у картофеля, содержание витаминов и устойчивость против бактериальных заболеваний у овощных культур. Бор имеет большое значение для развития клубеньков на корнях бобовых. При его недостатке ослабляется азотфиксирующая способность бактерий.

Содержание бора в почвах колеблется около  $10^{-3}$  —  $10^{-4}\%$  к весу почвы, т. е. составляет тысячные и десятитысячные доли процента. Почвы разных климатических зон характеризуются различным содержанием в них бора. При движении с севера на юг наблюдается постепенное обогащение почв этим элементом. Особенно бедны бором почвы северных районов — подзолистые и болотные. В подзолистых почвах легкого механического состава бора меньше, чем в тяжелых глинистых (табл. 33).

Таблица 33

Содержание бора в почвах СССР

Почвы	Содержание бора (мг на 1 кг почвы)		Почвы	Содержание бора (мг на 1 кг почвы)	
	общего	водно-растворимого		общего	водно-растворимого
Торфяно-глебовая (Хибины) . . . . .	Следы	Нет	Обыкновенный чернозем	9,5	0,75
Подзолистая . . . . .	4,7	0,19	Каштановая . . . . .	11,0	1,10
			Солончак . . . . .	50,1	17,80

Потребность растений в боре на подзолистых почвах резко возрастает при их известковании, что связано с уменьшением растворимости почвенных соединений бора под влиянием известкования. При известковании почв концентрация ионов  $\text{OH}^-$  в растворе, как известно, возрастает. Бор дает комплексные соединения с группой  $\text{OH}^-$ , полуторными окислами и глинистыми минералами. Так,  $\text{Al}^{3+}$  закрепляет бор при pH 5,5—7, а  $\text{Fe}^{3+}$  и глинистые минералы — при pH 8—9.

Считается, что большинство культур сильно нуждается в борных удобрениях в том случае, когда в почвах легкого механического состава имеется менее 0,2 мг подвижного бора на 1 кг почвы, а в почвах тяжелого механического состава — 0,3 мг на 1 кг почвы.

По содержанию бора растения сильно различаются. Наименьшее количество бора потребляется зерновыми культурами. Затем в порядке увеличения идут: клевер → лен → картофель → кормовые корнеплоды. Наибольшее количество бора содержится в урожае сахарной свеклы (табл. 34).

Зерновые злаки слабо нуждаются в боре и фактически не требуют применения борных удобрений на большинстве почв.

Содержание бора в растениях

Растения	Содержание бора		Растения	Содержание бора	
	кг на 1 кг сухого веса	г на 1 га (при средних урожаях)		кг на 1 кг сухого веса	г на 1 га (при средних урожаях)
Зерновые:			Картофель:		
зерно . . . . .	4,7	} 21—42	клубни . . . . .	10,7	} 70—140
солома . . . . .	8,5		ботва . . . . .	20,1	
Клевер (сено) . . . . .	20,5	41—82	Кормовые корне- плоды:		
Лен:			корнеплоды . . . . .	18,4	} 84—168
семена . . . . .	22,6	} 47—94	листья . . . . .	30,5	
солома . . . . .	19,7			Сахарная свекла:	
			корнеплоды . . . . .	14,6	} 136—272
			листья . . . . .	45,9	

К числу борных удобрений относятся бормагниевое, осаж-денный борат магния, борнодатолитовое и некоторые другие. Получаются они как отходы промышленности при производстве борной кислоты или как продукты переработки природных залежей различных пород, богатых бором (датолит, глины и т. п.).

Бормагниевое удобрение состоит из борной кислоты ( $H_3BO_3$ ), сернокислого магния ( $MgSO_4$ ) и некоторых примесей. Содержит в воднорастворимой форме 1—1,3% бора. Получается в процессе переработки отходов руд Индерского месторождения. Ввиду больших затрат на производство это удобрение большого распространения не имеет.

Борат магния получается как отход при производстве борной кислоты. Он содержит 1,3—1,5% бора. Согласно ГОСТу 9595—61 содержание лимоннорастворимых соединений бора в пересчете на  $H_3BO_3$  должно составлять не менее 9%. Бор в этом удобрении находится не в воднорастворимой форме, поэтому оно непригодно для внекорневых подкормок. При обычном же допосевном внесении это удобрение имеет даже в некоторых случаях преимущества перед воднорастворимыми формами, когда, например, существует опасность вымывания бора или хозяйству удобнее один раз внести повышенные дозы удобрения, за счет которых растения в течение ряда лет будут удовлетворять свои потребности в боре.

Борнодатолитовое удобрение, или борнодатолитовая мука ( $R_2O_3$ ;  $H_3BO_3$ ;  $CaSO_4$ ;  $SiO_2$ ), получается разложением датолитовой породы  $[CaB_2Si_2O_8 \cdot Ca(OH)_2]$  серной кислотой, вследствие чего имеет 30—36% гипса. Согласно ГОСТу 10347—63 воднорастворимой борной кислоты в этом удобрении должно быть не менее 13%. Широко распространенное и пер-

спективное удобрение, пригодное для различных культур, почв и способов применения.

Борные удобрения обычно вносят на фоне фосфора, поэтому в ряде случаев бывает целесообразно иметь эти два компонента вместе (B + P). Одним из таких комбинированных удобрений является борный суперфосфат. Для его получения обычный суперфосфат смешивают с борнодатоликовым удобрением с таким расчетом, чтобы в нем содержалось 0,1—0,3% бора. Иногда готовится двойной борный суперфосфат с содержанием бора 0,1—0,5% и  $P_2O_5$  — 42—49%.

В качестве борного удобрения можно использовать обычную борную кислоту ( $H_3BO_3$ ), содержащую 17,5% бора, и буру ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) со средним содержанием бора 11,3%.

Различные органические и минеральные удобрения, приготовляемые на основе простой переработки природных руд, всегда содержат примеси бора. С такими удобрениями в почву поступает и бор (табл. 35).

Таблица 35

Количество бора, вносимого в почву при применении минеральных и органических удобрений

Удобрения	Доза удобрения (м/га)	Количество бора (г/га)
Торф низинный . . .	40,0	285
Зола древесная . . .	0,7	224
Навоз . . . . .	36,0	186
Сырые калийные удобрения . . . . .	0,5	4
Суперфосфат из апатита . . . . .	0,3	3

Таблица 36

Дозы борных удобрений

Культуры	Доза (кг/га)	
	бора	борнодатоликового удобрения
Клевер (семенные посевы) . . . . .	1,0	50
Лен . . . . .	0,5	25
Кормовые корнеплоды, сахарная свекла, овощные, плодовые . . . . .	1,0—2,5	75—125

Если обычные органические удобрения или зола вносятся в достаточных дозах, то существенной потребности в борных удобрениях не возникает. Борные удобрения в этом случае целесообразно применять лишь на семенных посевах.

Борные удобрения можно использовать следующим образом: вносить в почву, обрабатывать ими семена перед посевом, применять для внекорневых подкормок.

Заделять борные удобрения следует неглубоко. Внесение их с осени нецелесообразно особенно на легких почвах и в районах избыточного увлажнения, так как борная кислота слабо поглощается почвой и может вымываться.

Рекомендуемые дозы борных удобрений при внесении их в почву приведены в табл. 36.

Борные удобрения, внесенные в почву, проявляют последствие на 2-й и 3-й годы. Применять чрезмерно большие дозы не следует, так как они могут оказывать ядовитое действие. Избыток бора обнаруживается прежде всего на нижних листьях, которые буреют и преждевременно опадают.

При внесении борных удобрений в почву необходимо предварительно тщательно смешивать их с другими минеральными удобрениями. При неравномерном внесении в отдельных местах могут создаваться очаги с высокими концентрациями бора, что окажет уже вредное действие. Особенно тщательное смешивание должно быть при использовании в качестве борных удобрений борной кислоты или буры, которые содержат большой процент бора и поэтому вносятся в малых количествах.

Если борные удобрения вносятся отдельно от других удобрений, то рекомендуется их предварительно смешивать с сухой землей, песком, торфяным порошком или золой. Если удобрение слежалось, то его предварительно надо измельчить и просеять.

Внекорневые подкормки борными удобрениями позволяют значительно снизить расход удобрений. Семенные посевы клевера, овощных и других культур опрыскивают или опыливают борными удобрениями в период бутонизации или цветения растений.

Для опрыскивания 1 га посевов раствором борного удобрения, содержащего 0,2—0,25 г бора в 1 л воды, необходимо примерно 1000 л раствора. Раствор для опрыскивания готовят заранее, лучше всего за сутки до внесения, так как борные удобрения медленно растворяются в холодной воде. После суточного настаивания с периодическим помешиванием нерастворившейся части раствора дают отстояться и жидкостью без осадка используют для опрыскивания. Для приготовления раствора можно брать только такие удобрения, которые содержат бор в воднорастворимой форме.

Опыливание растений борным удобрением производится из расчета 500 г бора на 1 га, т. е. примерно в два раза большими дозами, чем при опрыскивании. Опыливание хорошо размельченным удобрением лучше проводить в ранние утренние или поздние вечерние часы по росе.

Хорошие результаты показал предпосевной способ намачивания семян в растворе борных удобрений, который позволяет еще больше снизить расход удобрения. Для смачивания семян берут 8—10 л раствора на 100 кг семян. Во избежание неудобств, связанных с подсушиванием семян, желательнее ограничиться меньшим количеством раствора. Чаще всего на 1 ц семян берут 4—5 л раствора борной кислоты следующих концентраций: для семян овощных культур — 0,01—0,03%, для корнеплодов и бобовых культур — 0,005—0,015, для льна — 0,05%.

Высевать намоченные семена следует осторожно, только в



прогретую почву, так как если они попадут во влажную, холодную почву, посевы могут быть изреженными.

Хорошие результаты дает применение борных удобрений при изготовлении торфоперегнойных горшочков для выращивания рассады. В этом случае на 1 м<sup>3</sup> смеси дается 1—2 г борной кислоты.

Борные удобрения повышают урожай корнеплодов сахарной свеклы на 30—40 ц на 1 га, льноволокна — на 1—2 ц, семян клевера — на 0,5 — 1 ц с 1 га.

### МАРГАНЦЕВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Значение марганца в жизни растений определяется его способностью регулировать окислительно-восстановительные процессы в растительных клетках. Так, например, при нитратном питании он ведет себя как восстановитель, а при аммиачном — как окислитель.

Марганец усиливает ферментативные процессы в растениях и, по-видимому, играет роль при образовании хлорофилла, так как при его недостатке количество хлорофилла в растениях уменьшается. Кроме того, он способствует увеличению аскорбиновой кислоты в плодах и овощах.

При резком недостатке марганца растения заболевают серой пятнистостью: на листьях появляются серо-зеленые и бурозеленые пятна, которые затем сливаются в полосы, листья погибают. Урожайность культур резко снижается.

Содержание марганца в почвах колеблется в пределах 0,1—0,6%. Он находится в форме двух-, трех- и четырехвалентных соединений. С агрономической точки зрения, наибольший интерес представляет не общее содержание марганца, а его подвижные, доступные растениям формы. Такими доступными растению соединениями марганца являются лишь его двухвалентные соли. Количество воднорастворимого марганца в почве весьма незначительно — от тысячных долей миллиграмма в 100 г почвы нейтральной до десятых долей миллиграмма в 100 г почвы кислой. Оценка почв по содержанию в них марганца приводилась ранее (см. табл. 32).

Потребность растений в марганцевых удобрениях чаще всего проявляется на нейтральных и слабощелочных почвах. Поэтому марганцевые удобрения с успехом применяются на черноземных, каштановых и солонцеватых почвах.

На кислых подзолистых почвах марганцевые удобрения неходят широкого применения. Потребность в марганце на этих почвах может возникнуть на переизвесткованных почвах, на которых марганец переходит в трех- и четырехвалентные соединения, малодоступные растениям. Избыток доступного растению двухвалентного марганца, встречающийся на некоторых кислых подзолистых почвах, может оказать вредное действие

на растения. Но этот избыток обычно легко устраняется известкованием.

Многие органические и минеральные удобрения содержат марганец (табл. 37).

Таблица 37

Количество марганца, вносимого в почву при применении органических и минеральных удобрений

Удобрения	Содержание марганца в удобрении (мг/кг)	Доза удобрения (т/га)	Количество вносимого марганца (кг/га)
Томасшлак . . . . .	36 536	0,35	12,8
Зола древесная . . . . .	13 041	0,70	9,1
Торф низинный . . . . .	326	40,00	9,1
Навоз . . . . .	868	36,00	7,8

Следовательно, при внесении указанных удобрений в почву одновременно поступает довольно значительное количество марганца, а значит, в ряде случаев отпадает необходимость в его дополнительном внесении.

Наибольший вынос марганца отмечается для кормовой и сахарной свеклы и значительно меньший — для ячменя и кукурузы (табл. 38).

Таблица 38

Количество марганца в урожае сельскохозяйственных культур

Культуры	Среднее содержание марганца (мг/кг)	Количество марганца в среднем урожае (кг/га)
Ячмень:		
зерно . . . . .	30	
солома . . . . .	37	119
Кукуруза:		
зерно . . . . .	18	
стебли и листья . . . . .	101	205
Сахарная свекла:		
корнеплоды . . . . .	50	
листья . . . . .	180	595
Кормовая свекла:		
корнеплоды . . . . .	70	
листья . . . . .	260	695

Наиболее хорошо изучено и чаще применяется в практике внесение марганцевых удобрений под свеклу, на которую эти удобрения в условиях нейтральных почв оказывают особенно благоприятное действие.

В качестве марганцевых удобрений наиболее часто применяется марганцевый шлам — отход, который получается при производстве марганца, главным образом на базе Криворожских месторождений. Шлам содержит 9—15% марганца.

Как марганцевое удобрение может применяться сернокислый марганец ( $MnSO_4$ ), получающийся в качестве отхода на ряде химических заводов и содержащий 21—22% марганца. В настоящее время изготавливается марганцевый суперфосфат, содержащий 2—3% марганца.

Чаще всего марганцевые удобрения вносят в почву. В этом случае норма расхода составляет 15—30 кг марганца на 1 га. Эффективно рядковое применение марганцированного суперфосфата на юге. Можно использовать марганец для предпосевной обработки семян. На 1 ц семян расходуется 10 л 0,05—0,10%-ного раствора сернокислого марганца. Для внекорневых подкормок в период вегетации берутся 0,04—0,10%-ные растворы сернокислого марганца в количестве 500—700 л на 1 га.

Применение марганцевых удобрений на черноземах Украины увеличивало урожай сельскохозяйственных культур в следующих размерах (в процентах): зерна кукурузы — на 40—79, проса — на 44,1, листьев табака — на 15 и семян конопли — на 24.

Урожайность картофеля повышалась на 60 ц, огурцов — на 40,5, томатов — на 36, капусты — на 50,5 ц, земляники — на 12—29 ц с 1 га с увеличением сахаристости на 1,58—2,20% и содержания витамина С на 14%.

### МЕДНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Медь играет важную роль в окислительных процессах, протекающих в растениях; она входит в состав окислительных ферментов, например в полифенолоксидазу. Установлено большое влияние меди на белковый обмен в растениях, поэтому недостаток ее сильнее всего отражается на урожае зерна. Медь активизирует витамины группы В и задерживает процесс физиологического старения, способствуя тем самым усилению жизнедеятельности листа.

Чаще всего растения испытывают недостаток меди на торфяниках и торфяных почвах. При этом кончики листьев белеют, и злаковые растения хотя и выбрасывают колос, но полноценных зерен не образуют. При очень сильном недостатке меди листья становятся белыми и зерно не образуется. Внесение меди в этих условиях резко повышает урожайность.

У различных плодовых деревьев при дефиците меди побеги дают в начале вегетационного периода большие приросты, крупные, интенсивно окрашенные листья. Затем верхушечная точка побега отмирает, листья становятся хлоротичными. На коре возникают пузырчатые вздутия, наполненные камедью. Во влажную погоду из разрывов вздутый течет камедь. В дальнейшем больные побеги отмирают. Применение солей меди в качестве удобрения под плодовые в этом случае приводит к восстановлению нормального роста побегов.

Недостаток меди в кормах приводит к заболеванию животных лизухой. У животных пропадает аппетит, резко снижается содержание гемоглобина в крови, происходит общее истощение организма, возникает рахит. Анализы показали, что заболевание проявляется в том случае, если меди содержится менее 4—5 мг на 1 кг грубого корма.

Почвы считаются бедными медью при содержании ее легко-растворимых форм меньше 1,5 мг на 1 кг почвы (см. табл. 32).

Различные растения выносят неодинаковое количество меди с урожаями. Так, например, в среднем урожае зерновых культур количество меди составляет 15—30 г, клевера — 25—30, корнеплодов — 40—80 г.

В средних дозах обычных минеральных удобрений примеси меди относительно невелики, но в средней гектарной дозе навоза содержание меди достигает 80—85 г. Этого количества достаточно, чтобы удовлетворить годовую потребность в меди большинства сельскохозяйственных культур.

В качестве медных удобрений чаще всего применяются колчеданные, или пиритные, огарки, представляющие собой отход от сернокислотного и бумажно-целлюлозного производства, с содержанием меди 0,3—0,4% (иногда до 1%). Медь в пиритных огарках находится в воднорастворимой форме. Основным недостатком удобрения состоит в его низкопроцентности, поэтому пиритные огарки приходится вносить в дозах 6—8 ц на 1 га.

Как удобрение может применяться сернокислая медь, или медный купорос ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), содержащая 23,9—24,9% меди. Сернокислая медь используется главным образом для борьбы с сельскохозяйственными вредителями и в силу дороговизны для удобрения применяется редко.

Основным способом использования медных удобрений является допосевное их внесение в почву в количестве 3—8 кг меди на 1 га. Можно применять медные удобрения для предпосевной обработки семян и внекорневых подкормок. При намачивании семян берут растворы медного купороса в концентрации 0,001—0,005%, в которых семена выдерживают от 12 до 24 часов, или семена смачивают раствором той же концентрации. При внекорневых подкормках применяют растворы медного купороса 0,02—0,05% в количестве около 500 л на 1 га. При резко выра-

женной недостаточности меди внекорневые подкормки и намачивание семян не могут полностью ликвидировать недостаток меди.

Применение пиритных огарков на торфяных почвах Белоруссии повышало урожай зерна ячменя с 3,6 до 21,3 ц, а корнеплодов сахарной свеклы — с 310 до 353 ц с 1 га; в Латвии урожай льноволокна увеличивался на 21,3—66,0%. Сильное положительное действие медных удобрений на урожай и сахаристость сахарной свеклы отмечено в Полесье Украины.

### МОЛИБДЕНОВЫЕ УДОБРЕНИЯ

Молибден участвует во многих жизненных процессах растений, но наиболее сильно его действие проявляется в резком улучшении азотного питания культур, особенно бобовых. Это связано с тем, что молибден принимает участие в синтезе молекулярного азота клубеньковыми бактериями, а также в восстановлении нитратного азота до аммиака. Он входит в состав фермента нитратредуктазы, активизирующего этот процесс. Растительные клетки при недостатке молибдена не могут восстанавливать нитраты, что необходимо для синтеза белков. При питании растений аммиачным азотом потребность в молибдене снижается. Молибден влияет также на синтез и передвижение углеводов, образование хлорофилла и аскорбиновой кислоты в растениях.

Особенно отзывчивы на молибден бобовые культуры, которые в своем составе имеют больше молибдена, чем растения других семейств, а также капуста, салат, томаты, свекла. Среднее содержание молибдена колеблется от 0,1 до 1,3 мг на 1 кг сухого вещества растений. Чаще всего растения ощущают недостаток в молибдене на кислых почвах. При систематическом возделывании культур, которые потребляют много молибдена (например, бобовые), может наступить молибденовая недостаточность. Считаются бедными молибденом почвы при содержании легкорастворимых соединений элемента до 0,15 мг на 1 кг почвы (см. табл. 32).

В качестве молибденовых удобрений применяются: технический молибдат аммония - натрия, содержащий 36% молибдена; молибденовокислый аммоний  $[(\text{NH}_4)_6 \cdot \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$  — около 50% молибдена; молибденовый суперфосфат — 0,1—0,2% молибдена; отходы металлургической промышленности — шлаки, шламы, содержащие от 0,2 до 1% молибдена. Во всех этих удобрениях молибден находится в воднорастворимой форме.

Применять молибденовые удобрения можно различными способами, но наиболее хозяйственно выгодно и распространена в практике предпосевная обработка семян, так как в этом случае на 1 га требуется всего от 10 до 50 г молибдена. Для пред-

посевного опрыскивания семян можно рекомендовать дозы, приводимые в табл. 39.

Таблица 39

Дозы молибденовых удобрений для наиболее отзывчивых на молибден сельскохозяйственных культур

(в г на 1 ц семян)

Культуры	Молибденово-кислый аммоний	Технический молибдат аммония-натрия	Культуры	Молибденово-кислый аммоний	Технический молибдат аммония-натрия
Клевер, люцерна	500—1000	700—1300	Кормовые бобы, люпин . . . . .	30—50	40—70
Горох . . . . .	20—25	30—40	Капуста, салат, морковь . . . . .	100—300	150—450
Вика . . . . .	50	70			

Соответствующую дозу удобрений растворяют в теплой воде, а затем разбавляют холодной из расчета на 1 ц семян гороха, вики, люпина и бобов 2 л, а семян клевера, люцерны, овощных — 5 л воды. Обработанные таким образом и хорошо перемешанные семена можно хранить 1—2 месяца.

Еще удобнее применять опудривание семян. Для этой цели более пригоден технический молибдат аммония-натрия, который лучше удерживается на поверхности семян. На 1 ц семян клевера берут 700—1800 г удобрения, на 1 ц семян гороха — 50 г, вики и бобов — 70—100 г. Обработку семян молибденовыми удобрениями удобно совмещать с сухим протравливанием семян.

Если семена не были обработаны молибденовыми удобрениями до посева, можно рекомендовать внекорневую подкормку бобовых культур не позднее фазы бутонизации. В этом случае берут 200 г молибденовокислого аммония или 300 г технического молибдата аммония-натрия и растворяют в 300—500 л воды.

Молибденовый суперфосфат вносят в почву до посева культур из расчета 0,5 ц на 1 га, что составляет более 50 г молибдена.

Некоторые удобрения, например навоз и зола, содержат молибден. Так, при внесении 5—6 ц золы на 1 га в почву поступает около 5—6 г молибдена. Эффективность молибдена усиливается при его совместном внесении с бором. Действие внесенного в почву молибденового удобрения продолжается несколько лет. Избыток молибдена может оказать отрицательное действие на животных, поедающих обогащенные им корма.

По данным опытов и производственных посевов, применение молибденовых удобрений повышало урожай зерна гороха на 3—5 ц, сена клевера — на 10—15, сена вики — на 7—10 ц и оказывало положительное действие при выращивании других культур.

## УДОБРЕНИЕ КОБАЛЬТОМ

Значение кобальта в жизни растений изучено еще недостаточно. Но в организме животных он входит в состав витамина В<sub>12</sub>, играющего важную роль в кроветворении. При недостатке кобальта в кормах сельскохозяйственные животные заболевают тяжелой формой анемии. Это заболевание чаще всего встречается в районах с песчаными и заболоченными почвами (побережье Балтийского моря). Эффективным средством борьбы с этой болезнью является добавление минерального кобальта к кормам или скармливание животным растений, выращенных при применении кобальтовых удобрений. Для того чтобы животные не испытывали недостатка в кобальте, достаточно его содержания 0,7 мг на 1 кг корма.

Наиболее бедны кобальтом дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы, кислые торфяники и красноземы.

В качестве удобрений для внесения в почву до посева применяются различные растворимые соли кобальта, например сернокислый кобальт в количестве 300—350 г на 1 га ежегодно или 1000—1500 г на 1 га раз в 3—4 года.

## ПОЛИМИКРОУДОБРЕНИЯ И ФРИТТЫ

Полимикродобрениями называются отходы металлургической и химической промышленности, содержащие не один, а несколько микроэлементов. Так, например, ПМУ-7 представляет собой отход от производства цинковых белил. Он содержит цинк, кобальт и примеси других элементов. Применяется на разных почвах для удобрения кукурузы, винограда и плодовых деревьев.

Фритты — это микродобрения, заключенные (вплавленные) в стекло или керамику. Они содержат цинк, марганец, бор, молибден и другие микроэлементы.

В отличие от обычных микродобрений фритты равномернее распределяются в почве, не поглощаются ею, не вымываются в более глубокие горизонты почвы. Внесение фриттов под кукурузу, ячмень, травы, овощные, плодово-ягодные и другие культуры дает значительное повышение урожая.

## РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Естественные радиоактивные элементы, к числу которых относятся прежде всего уран, радий, актиноуран и торий, содержатся в растениях в чрезвычайно малом количестве. По этой причине их нередко называют ультрамикроразнообразными.

Количество урана и тория в растениях составляет миллионные доли процента, а радия — в 1 млн. раз меньше, чем урана или тория. Очень мало содержится в растениях радиоактивных

изотопов других элементов: рубидия ( $Rb^{87}$ ), самария ( $Sm^{147}$ ), лютеция ( $Lu^{176}$ ), рения ( $Re^{187}$ ). И все же значение радиоактивных веществ в жизни растений очень велико. Точными опытами с тщательной очисткой питательных солей доказано, что без радиоактивных элементов или изотопов растения нормально развиваться не могут, а при добавлении в определенном количестве они способствуют хорошему росту и высокой продуктивности растений.

Ранее, в разделе о калийных удобрениях, при рассмотрении роли радиоактивного изотопа калия ( $K^{40}$ ) уже даны основные представления о его содержании в растениях, о распаде атома, возникновении излучений и их значении в биохимических процессах в растениях. Радиоактивные превращения атомов других элементов (урана, радия, тория и пр.) аналогичны или значительно сложнее. Они сопровождаются испусканием альфа, бета, гамма-частиц и других элементарных частиц и излучений, являющихся носителями энергии.

Атомы радиоактивных элементов участвуют, как и атомы обычных элементов, в биохимических реакциях, протекающих в клетках, но их главной особенностью является активизация, т. е. ускорение биохимических реакций и физиологических процессов (ассимиляции, дыхания, обмена веществ и т. п.) за счет энергии излучений.

Содержание естественных радиоактивных веществ в почвах обычно в десятки раз выше, чем в растениях, но доступность их последним, как и большинства других элементов питания, очень мала.

В настоящее время производится значительное количество разнообразных искусственных радиоактивных изотопов ( $C^{14}$ ,  $Na^{24}$ ,  $P^{32}$ ,  $S^{35}$ ,  $K^{42}$ ,  $Ca^{45}$ ,  $Fe^{59}$ ,  $Co^{60}$ ,  $Sr^{89}$  и др.).

Положительное действие радиоактивных веществ проявляется только при применении малых доз, причем степень их эффективности зависит от природной радиоактивности почв, биологических особенностей растений, обеспеченности растений элементами питания и некоторых других условий. Применение высоких доз радиоактивных веществ, как правило, не оказывает положительного действия на развитие растений или приводит к отрицательным результатам.

Перспективным приемом использования радиоактивных веществ в растениеводстве можно считать предпосевное облучение семян. По материалам, представленным на Всесоюзном совещании, посвященном этому вопросу (1961 г.), от допосевого облучения семян гамма-лучами радионуклеида кобальта ( $Co^{60}$ ) в дозах от 350 до 1500 рентген урожай повышался в следующих размерах: корнеплодов сахарной свеклы — на 18—63%, кормовой и столовой свеклы — на 17—48%, зерна ячменя и яровой пшеницы — на 5—11, кукурузы — на 11—20, ржи — на 15—20.



гороха — на 10—33, моркови — на 25—30, клубней картофеля — на 35—55% и т. д.

Всесоюзные научные конференции и совещания по вопросам радиобиологии, проведенные в 1970 г. в Ленинграде, Риге, Киеве и Кишиневе, подтвердили возможность повышения урожая и его качества путем предпосевного гамма-облучения семян. Совет по проблемам радиобиологии Академии наук СССР обобщил результаты большого числа производственных испытаний, проведенных на площади более 2000 га, и пришел к следующему: 1) в Молдавской ССР (1968—1970 гг.) прибавка урожая зерна кукурузы по годам превышала контроль на 7,2—14%; 2) в Латвийской ССР в производственных условиях в среднем за 6 лет облучение семян сахарной свеклы увеличивало выход сахара с 1 га на 4,2 ц; 3) в Московской области производственные посадки облученных клубней картофеля проводились в течение 7 лет (1962—1969 гг.); благодаря облучению урожайность повышалась на 14—27,6%, а на участках Госсортосети в 1970 г. — более чем на 60%.

В Ленинградской и Горьковской областях, в Краснодарском крае, в Таджикистане, Узбекистане, Киргизии и других частях страны начаты работы по гамма-облучению семян овощных растений, хлопчатника и других культур. Для осуществления этих работ отечественной промышленностью выпускаются стационарные и передвижные облучательные гамма-установки различной производительности. Так, например, гамма-установка «Колос», смонтированная на шасси автомобиля ЗИЛ-131, предназначенная для предпосевного облучения зерновых, зернобобовых и других культур в полевых условиях колхозов и совхозов, имеет производительность 1 т зерна в час. Однако сопутствующие почвенно-климатические и агротехнические условия, обеспечивающие получение устойчивых прибавок урожая, выяснены еще недостаточно.

В основе предпосевного гамма-облучения семян сельскохозяйственных культур лежит энергетическое воздействие. По характеру первичного действия на семена растений гамма-облучение относится к физическим факторам, подобно действию ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, токов высокой частоты и ультразвука. Умеренным энергетическим воздействием излучениями радиоактивного вещества повышается химическая активность атомов и молекул. В семенах ускоряются биохимические и физиологические процессы, которые в дальнейшем приводят к изменениям в обмене веществ, питания, росте и к повышению урожайности растений.

Возможность и целесообразность применения предпосевного гамма-облучения семян в принципе находят полное одобрение, так как уже установлены основные условия радиостимуляции. Однако существует ряд факторов, оказывающих большое влияние на эффективность радиостимуляции (особенности вида ра-

стений и почвенно-климатические условия, влажность семян, физиологическое состояние клубней, например степень прорастания клубней картофеля, доза и мощность облучения, срок хранения облученных семян и т. п.). В связи с этим вопрос об использовании радиоактивных веществ для повышения урожайности растений в настоящее время изучается во многих научных учреждениях.

#### Вопросы для самопроверки

1. Какие удобрения называются микроудобрениями?
2. Значение бора и борных удобрений для растений.
3. Назовите наиболее распространенные борные удобрения.
4. Способы и дозы применения борных удобрений.
5. Значение марганца для растений.
6. На каких почвах и под какие культуры наиболее целесообразно вносить марганцевые удобрения?
7. Виды и способы применения марганцевых удобрений.
8. На каких почвах проявляется большая потребность в медных удобрениях?
9. Как применяются пиритные огарки и серноокислая медь?
10. Значение молибдена для бобовых культур.
11. Сколько надо взять молибденовокислого аммония для предпосевной обработки гектарной нормы семян клевера, гороха?
12. В каких концентрациях и в каком количестве берутся микроудобрения для предпосевной обработки семян, для внекорневых подкормок?
13. Какая разница между полимикроудобрениями и фриттами?
14. Какое значение в жизни растений имеют радиоактивные вещества?
15. Что дает облучение семян гамма-лучами радиоактивного кобальта?

## КОМПЛЕКСНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

### ПРОМЫШЛЕННЫЕ УДОБРЕНИЯ

В общем и самом простом определении комплексными называются удобрения, содержащие 2, 3 или более (с микроэлементами) питательных элементов.

Специальное производство этих удобрений имеет целью увеличить концентрацию питательных веществ в удобрениях, улучшить физические и химические свойства удобрений и одновременно снабдить растения несколькими питательными веществами.

В последние годы общее понятие о комплексных удобрениях стали разделять на основе технологических способов их приготовления. Таким путем возникли понятия о смешанных, сложных и комбинированных удобрениях.

Смешанными стали называть механические смеси различных минеральных удобрений, приготовляемые на заводах или на крупных складах минеральных удобрений. При изготовлении этих удобрений соблюдаются определенные правила смешивания, которые исключают ухудшение физических свойств и превращения или потери элементов питания от взаимодействия удобрений.

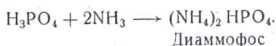
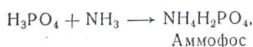
Заводское смешивание удобрений сильно снижает стоимость этих работ, которая во многих хозяйствах при ручном тукосмешивании составляет 30—50% всех затрат на удобрения.

Смешанные удобрения могут быть различными. Так, например, можно приготовить заблаговременно смеси из сульфата аммония и калийной соли, мочевины и суперфосфата, а перед внесением в почву — из сульфата аммония, суперфосфата и хлористого калия и т. п. В таких смесях содержатся 2 или 3 питательных элемента, но не в одной крупинке, а в смеси крупинок различных солей.

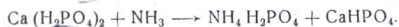
Сложными стали называть удобрения, содержащие 2 (или более) элемента питания в одной крупинке и получаемые при химическом способе их приготовления. Так, например, калийная селитра в качестве азотно-калийного удобрения может получаться как продукт химического взаимодействия между натриевой селитрой и хлористым калием:



Азотно-фосфорные удобрения — аммофос и диаммофос — получают при нейтрализации фосфорной кислоты аммиаком:

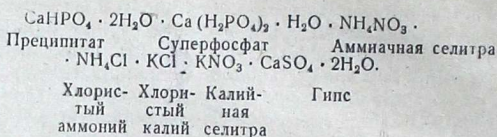


Комбинированные удобрения получают специальной химической или физической (сплавлением) обработкой готовых простых удобрений или первичного сырья. По характеру производства и свойствам их нельзя назвать ни смешанными, ни сложными в узком понимании этого названия. Так, например, двойное азотно-фосфорное удобрение — аммонизированный суперфосфат — получается путем насыщения простого суперфосфата аммиаком:



Процесс приготовления тройного азотно-фосфорно-калийного удобрения — нитрофоски — состоит из нескольких ступеней. Сначала фосфорит или апатит разлагается азотной кислотой, в результате чего получают кальциевую селитру и преципитат с примесью суперфосфата. Далее в смесь (для устранения кальциевой селитры, отличающейся очень высокой влажностью) добавляют сульфат аммония, в результате чего возникают аммиачная селитра и гипс. Затем добавляют хлористый калий, что приводит к образованию хлористого аммония и калийной селитры. В итоге высушенное и гранулированное удобрение под назва-

нием сульфатная нитрофоска имеет следующий состав:



Кроме того, в нитрофоске находятся примеси, которые содержались в фосфорите или апатите как исходном сырье. В случае применения (для устранения кальциевой селитры) серной кислоты получают так называемую сернокислотную нитрофоску, а при кристаллизации селитры в результате охлаждения — вымороженную нитрофоску. Имеются и другие способы приготовления нитрофосок.

Все виды этих удобрений характеризуются улучшенными физическими свойствами и содержат элементы питания в удобоусвояемой форме. Весьма важной характеристикой удобрений является обязательное указание, какие именно элементы питания входят в удобрение и в каком количестве.

Примерное содержание элементов питания в некоторых комплексных удобрениях приведено в табл. 40.

Таблица 40

Примерное содержание элементов питания  
в комплексных удобрениях  
(в процентах)

Удобрения	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Аммонизированный суперфосфат . . . . .	2—3	18,0	—
Аммофос . . . . .	11—12	Не менее 45	—
Диаммофос . . . . .	20—21	51—53	—
Калийная селитра . . . . .	13,5	—	46,5
Хлор-аммоний-калий (потазот) . . . . .	12,0	—	24,0
„Тернап“ (Италия) . . . . .	5,0	12,0	10,0
„ПЕК“ (Франция) . . . . .	16,0	8,0	12,0

Нитрофоски в СССР изготавливаются трех марок: А, Б и В. Согласно ГОСТу 11365—65 марка А должна содержать по 16—17% N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O; марка Б — 12,5—13,5% N, 8,5—9,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 12,5—13,5% K<sub>2</sub>O; марка В — соответственно 11—12, 10—11 и 11—12%.

По удобрительному действию комплексные удобрения мало отличаются от соответствующего сочетания простых удобрений. Главным недостатком комплексных удобрений является постоянство соотношений между фосфором, азотом и калием. Так как

в производственных условиях мы неизбежно встречаемся с различным содержанием питательных элементов в почвах и различными требованиями сельскохозяйственных культур, то при внесении комплексных удобрений иногда приходится производить некоторую корректировку, т. е. дополнительно вносить недостающий элемент. Но это значительно проще сделать в случае необходимости, чем вносить раздельно или смешивать в хозяйстве простые удобрения.

Комплексные удобрения проще транспортировать и вносить в почву по сравнению с эквивалентной смесью простых туков. Это экономит рабочую силу и дает ряд других преимуществ. В результате экономическая эффективность комплексных удобрений гораздо выше.

По пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. намечено производство высококачественных концентрированных и комплексных минеральных удобрений довести до 80% от общего производства минеральных удобрений.

Министерство сельского хозяйства СССР, учитывая природные и экономические условия различных районов страны, намечает выпуск 15—18 марок комплексных удобрений, среди которых могут стать наиболее распространенными удобрения со следующим соотношением: N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O:1:0,75:1,2; 1:1:1,5; 1:0,6:1; 1:1:1; 1:1,5:1,5; 1:1,5:1; 1:2:1; 1:1:0; 1:2:0; 1:3:0; 0:1:1,5; 0:1:1.

Новые комплексные удобрения Советского Союза будут в основном сходны по соотношению элементов питания со сложными удобрениями Англии, содержащими в сумме 42—51% питательных веществ; с новыми марками голландского удобрения «Кристаллин», содержащими в сумме 31—66% питательных веществ; с удобрениями ГДР: «Пикафос», «Экафос» и «Вольфенер», содержащими 30—51% питательных веществ, а также с комплексными удобрениями Италии, Франции и США.

Расходы на упаковку, перевозку, хранение и внесение простых удобрений невысокой концентрации остаются еще очень высокими. Так, у фермеров США они достигают 50% их стоимости, а в развивающихся странах — 70—80%. Это обстоятельство приводит к поискам технологических путей получения еще более концентрированных удобрений комплексного состава. На этом пути ограничивающим фактором было производство концентрированных фосфатов на основе использования ортофосфорной кислоты (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), которая даже в самом чистом виде не может содержать более 54% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Однако, используя полифосфорные кислоты (метафосфорную — HPO<sub>3</sub>, пирофосфорную — H<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, триполифосфорную — H<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>, тетраполифосфорную — H<sub>6</sub>P<sub>4</sub>O<sub>13</sub> и т. д.), можно преодолеть это затруднение, так как содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в полифосфорных кислотах составляет 76—83%. В связи с этим стало возможным получение высококонцентрированных удобрений следующего состава (табл. 41).

Примерное содержание элементов питания  
в высококонцентрированных удобрениях  
(в процентах)

Удобрения	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Сумма питательных веществ
Диаммоний пирогосфат . . .	13,2	66,7	—	79,9
Триаммоний пирогосфат . . .	18,3	62,0	—	80,3
Тетрааммоний пирогосфат . .	22,7	57,7	—	80,4
Метафосфат калия . . . . .	—	60,1	39,8	99,9
Тройные удобрения на основе метафосфата калия:				
в Японии . . . . .	26,2	26,4	17,3	69,9
во Франции . . . . .	10,3	37,5	24,8	72,6

Все эти удобрения и другие, подобные им, хорошо растворимы, удерживают в растворимой форме микроэлементы (цинк, медь, железо), обладают хорошими физическими свойствами и дают прочные гранулы размером 1,4—2,8 мм. Они не имеют вредных примесей, а высокое содержание элементов питания, достигающее в чистых солях 99%, удешевляет транспортировку, хранение и позволяет вносить их меньшими дозами, чем другие минеральные удобрения. Можно предполагать, что новые комплексные удобрения, подобно другим, уже прошедшим сравнительную проверку, будут не менее эффективными, чем эквивалентные смеси простых удобрений, и более целесообразными с экономической точки зрения.

Следует отметить, что в последнее время получил большое развитие метод смешения готовых гранулированных удобрений, обеспечивающий быстрое получение смешанных удобрений с любым соотношением и сочетанием питательных элементов. Таким образом, можно ожидать появления новых гранулированных смешанных удобрений.

Однако стремление к замене простых минеральных удобрений высококонцентрированными почти чистыми солями комплексных удобрений имеет и отрицательную сторону. В чистых комплексных удобрениях отсутствуют примеси ряда химических элементов, необходимых для питания растений. Так, например, из сырых калийных солей удаляется натрий, фосфорные удобрения лишаются гипса, содержащего серу, а также примесей урана, тория и некоторых других микроэлементов. Особенное беспокойство вызывает обеднение минеральных солей серой.

В СССР давно известна высокая эффективность удобрений, содержащих серу, при выращивании клевера, капусты и других культур на подзолистых почвах, а также гипса, простого суперфосфата и фосфогипса — на солонцовых и солонцеватых почвах.

Новые экспериментальные данные Белорусского научно-исследовательского института земледелия, Всесоюзного научно-исследовательского института кормов, Всесоюзного научно-исследовательского института чая и субтропических культур и других учреждений говорят о необходимости изучения проблемы серы, производства и применения комплексных серусодержащих удобрений.

### ЗОЛА КАК МЕСТНОЕ КАЛИЙНО-ФОСФОРНО-ИЗВЕСТКОВОЕ УДОБРЕНИЕ

В 1919 г., когда Советский Союз еще не имел собственной химической промышленности, не производил калийных удобрений и не мог ввозить из Германии стасфуртские сырые калийные соли, Д. Н. Прянишников указал на необходимость использования золы. По его подсчетам, только в европейской части России ежегодно можно собирать более 70 млн. пудов золы, более ценной по удобрительному действию, чем калийные соли. Он писал: «Итак, у нас есть свой Стасфурт, только добывать из него калийные соли нужно не путем глубокого бурения земных недр, а путем углубленной организационной работы в недрах деревни».

Теперь разведанные запасы калийных месторождений и производство калийных удобрений в СССР являются крупнейшими во всем мире, но указание Д. Н. Прянишникова об использовании золы в качестве повсеместного бесплатного и высокоценного удобрения остается правильным и в настоящее время.

Печная зола из березовых, сосновых и еловых дров содержит от 2 до 7,1%  $P_2O_5$ , от 3,2 до 13,8%  $K_2O$  и до 40% окиси кальция. Это очень ценное калийно-фосфорно-известковое удобрение (табл. 42).

Таблица 42

Содержание фосфора, калия и кальция в различных видах золы  
(в процентах)

Зола	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO
Соломы:			
пшеничной . . . . .	6,4	13,6	5,9
ржаной . . . . .	4,7	16,2	8,5
гречишной . . . . .	2,5	35,3	18,5
Стеблей подсолнечника . . . . .	2,5	36,3	18,5
Дров:			
березовых . . . . .	7,1	13,8	36,3
ивовых . . . . .	2,1	4,6	43,5
сосновых . . . . .	2,0	6,9	31,8
еловых . . . . .	2,4	3,2	25,3
Кизяка . . . . .	5,0	11,0	9,0
Отдубины . . . . .	1,1	1,4	30,0
Торфа . . . . .	1,2	1,0	20,0
Каменного угля (сжигаемого с дровами)	1,0	2,0	—
Зола после извлечения поташа . . . . .	2,0	2,5	40,0

Количество калия в золе травянистых растений выше, чем в золе древесных, и достигает 36%. Из древесных растений богаче калием лиственные породы. Фосфора в золе по сравнению с калием меньше, но он усваивается растениями не хуже, чем из томасшлака и преципитата.

Особая ценность всех видов золы состоит в том, что в ней калий содержится главным образом в виде углекислого калия ( $K_2CO_3$ ) — поташа, т. е. в золе очень мало хлора, вредность которого для растений нами уже отмечалась. Кроме того, в ней много микроэлементов.

Золу необходимо хранить в сухом помещении в железных бочках и использовать прежде всего на песчаных, супесчаных и торфяных почвах с повышенной кислотностью, так как она обладает щелочными свойствами. Под картофель, овощные культуры и кормовые корнеплоды золу вносят в количестве 8—10 ц на 1 га, при местном внесении в борозды и лунки доза уменьшается до 4—5 ц на 1 га. Для подкормок золу берут в количестве 3—5 ц на 1 га.

Золу необходимо заделывать в почву. Если ее оставить на поверхности без заделки, то она может способствовать образованию вредной для растений корки.

### ДРУГИЕ КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ

В некоторых зарубежных странах применяются высококонцентрированные жидкие сложные удобрения, являющиеся главным образом производными пирофосфорной кислоты. В США организован выпуск суспензированных удобрений, в которых элементы питания находятся в очень высоких концентрациях в виде суспензий. Для их приготовления используются коллоидные растворы глины, в которые внесены различные элементы питания, в том числе и микроэлементы. Разрабатывается идея капсулирования удобрений, т. е. заключения элементов питания в капсулы из гидрофобных смол или воска. В этом случае преследуется цель создания удобрений длительного действия.

#### Вопросы для самопроверки

1. Какие минеральные удобрения называются комплексными промышленными?
2. Как разделяются удобрения по технологическим особенностям их производства?
3. Назовите главные виды комплексных удобрений с указанием особенностей их состава.
4. В чем состоят преимущества и недостатки применения комплексных минеральных удобрений?
5. В чем состоят особенности и ценность золы как комплексного удобрения?
6. Расскажите о применении золы в качестве удобрения.



## ХРАНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПОДГОТОВКА ИХ К ВНЕСЕНИЮ

**Хранение удобрений.** Большинство минеральных удобрений выпускается в виде воднорастворимых солей и с хорошими физическими свойствами, обеспечивающими удобства смешивания и посева их в поле. При хранении минеральных удобрений под открытым небом или в плохих помещениях под влиянием атмосферных осадков они теряют питательные вещества, слеживаются или расплываются, т. е. теряют свою ценность и становятся непригодными для внесения. Даже в хороших помещениях, но при небрежном хранении, особенно при смешивании удобрений, происходят потери азота в аммиачной форме, переход фосфатов в менее доступные растениям соединения и резкие ухудшения физических свойств удобрений, что тоже понижает их эффективность. Так, например, порошковидный суперфосфат от увлажнения и при смешивании с аммиачной селитрой превращается в мажущую сырую массу, а в таком виде удобрение нельзя вносить не только машинами, но и вручную. Следовательно, правильное внутрихозяйственное хранение минеральных удобрений имеет очень большое значение. Не следует забывать о том, что большинство минеральных удобрений дорого стоит, и неправильное их хранение приводит к бесполезной затрате не только труда, но и денежных средств.

Для сохранения высокого качества удобрений их нужно держать в специальных складах или специально приспособленных сараях и амбарах с хорошей крышей и полом, причем для каждого удобрения должны быть отдельные закрома или секции. Важно, чтобы в склад не попадала влага, просачивающаяся через пол из земли и т. п. Склад для минеральных удобрений надо строить на повышенных местах, ограждая его водоотводными канавами, а полы делать асфальтированными или глинобитными на подстилке из гравия толщиной не менее 30 см. Стены могут быть кирпичными, деревянными или из другого материала, а крыша — из любого материала, кроме железа. Железные крыши устраивать не рекомендуется, потому что от выделяемых удобрениями газов они быстро портятся. Перегородки лучше делать передвижные, так как при таком устройстве можно полнее использовать емкость помещения. Стенки закровов для предохранения от разрушения под влиянием удобрений рекомендуется обмазывать краской из асфальтовой, битумной, каменноугольной или древесной смол.

Для удобства завоза и вывозки удобрений склад может иметь сквозной проезд и двое ворот.

Для облегчения постройки складов для твердых минеральных удобрений и аммиачной воды разработаны специальные типовые проекты, например Гипронисельхозом № 7-05-529,

Эстгипросельстроем № 705-1-14, Росгипросельхозстроем № 705-1-6, Укрниигипросельхозом № 7-05-526 (рис. 14) и др.

Размер склада-хранилища для отделения или бригады определяется количеством применяемых удобрений.

В сухую погоду склад следует проветривать, а в сырую плотно закрывать.

Удобрения, поступившие в специальной таре или упаковке, необходимо хранить, не нарушая упаковки, в которой они получены. Незатаренные удобрения хранят насыпью (каждое в своем закрое) высотой 1,5—2 м для суперфосфата порошкового, хлористого калия, калийных солей и до 2,5—3 м для фосфоритной муки, сульфата аммония.

У стенок склада и передвижных щитов удобрения следует насыпать слоем не выше 1 м. Незатаренные удобрения в склады укладывают с помощью автосамосвалов, погрузчиков и бульдозеров.

Транспортные самосвальные средства ссыпают удобрения на высоту до 1,2 м, погрузчик ПМГ-02 — до 2,6 м; можно также пользоваться экскаватором Э-153 с бульдозерным отвалом.

Аммиачную селитру и мочевины, затаренные в мешки, вручную укладывают крест-накрест в штабеля в 15 ярусов, а комплексные удобрения и гранулированный суперфосфат — до 20 ярусов.

Аммиачную селитру следует хранить изолированно, ее нельзя перевозить и хранить навалом и вместе с веществами, способными вступать с ней в реакцию.

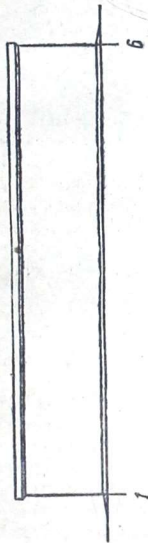
**Подготовка удобрений к внесению.** Если удобрения к моменту внесения в почву слежятся и образуют комки и глыбы, то перед рассевом их следует размельчить и просеять через сито с отверстиями 3—5 мм. Это необходимо также и для облегчения работ по смешиванию удобрений, которое должно производиться не в поле, а на складе.

Для дробления слежавшихся удобрений применяют специальный измельчитель удобрений ИСУ-4, навешиваемый на трактор средней мощности, или различные тукодробильные установки, работающие от электромотора.

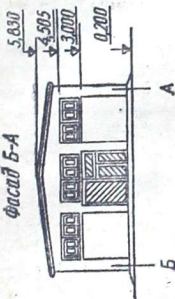
Смешивание удобрений на складе выполняется с помощью специальных механических тукосмесителей. Перед смешиванием удобрений следует установить, насколько оно целесообразно и соответствует ли времени внесения тукосмесей в почву. Ранее уже указывалось, что не все удобрения можно смешивать между собой. С другой стороны, и удобрения, допустимые для смешивания, разделяются на две подгруппы: 1) удобрения, которые можно смешивать только непосредственно перед их внесением или при внесении; 2) удобрения, которые можно смешивать заблаговременно.

Схема смешивания удобрений с учетом всего изложенного приводится на рис. 15.

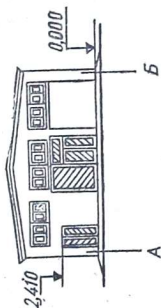
Фасад в ост. 1-6 и 5-1



Фасад Б-А



Фасад А-Б



План

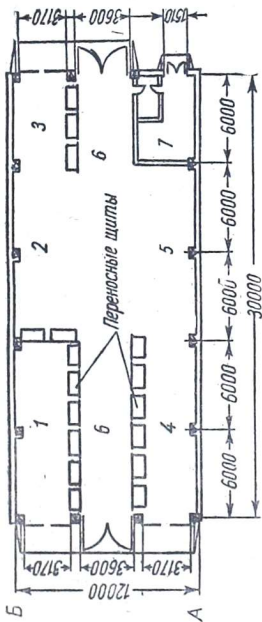


Рис. 14. Внутрихозяйственный склад минеральных удобрений емкостью 400 т (типовой проект № 7-05-526).  
 1 — отделение калийных удобрений, 2 — отделение азотных удобрений, заатаренных, 3 — отделение азотных удобрений, не-  
 заатаренных, 4 — отделение фосфорных удобрений, незаатаренных, 5 — отделение фосфорных удобрений, заатаренных,  
 6 — свободный проезд, 7 — отделение ядохимикатов.

Работать на складе минеральных удобрений следует в спецодежде, нужно пользоваться индивидуальными средствами защиты (защитными очками, респираторами, марлевыми повязками, фильтрующими противогазами марки КД, резиновыми перчатками). Это необходимо потому, что пылящие удобрения могут вызвать воспаление слизистых оболочек глаз, а другие

	Сульфат аммон., аммофос, диам-мофос	Лейна-селитра, аммиач. селитра	Натриевая и калийная селитра	Цианамид кальция	Мочевина	Суперфосфат	Фосфоритная и костяная мука	Преципитат	Томашлак	Калийная соль, сильванит, Элар, калиц	Известь, зола	Навоз, помет
Сульфат аммон., аммофос, диам-мофос	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Лейна-селитра и аммиач. селитра	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Натриевая и калийная селитра	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Цианамид кальция	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Мочевина	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Суперфосфат	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Фосфоритная и костяная мука	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Преципитат	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Фосфатшлак, Томашлак	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Калийная соль, сильванит, Элар, калиц	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Известь, зола	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Навоз, помет	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

 Можно смешивать
  Можно смешивать только при внесении
  Смешивать нельзя

Рис. 15. Схема смешивания удобрений.

удобрения (суперфосфат, сульфат аммония, селитра, калийные соли) раздражать кожу рук и портить одежду. Такие же предосторожности следует соблюдать при перевозке удобрений и расसेве их в поле. Удобрения, вывезенные в поле, должны быть полностью рассеяны. Неиспользованные в поле удобрения лучше возвращать на склад.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Для сплошного допосевого рассева сыпучих минеральных удобрений в текущей пятилетке будут широко использоваться ранее описанный разбрасыватель КСА-3 и разбрасыватель минеральных удобрений 1РМГ-4. Последний имеет производительность 12 га/час при норме внесения 0,1—6 т/га, ширине разбрасывания 8—15 м, грузоподъемности 4 т и рабочей скорости 15 км/час. Из имеющихся в хозяйствах могут использоваться: разбрасыватель удобрений РУМ-3 (рис. 16), СТН-2,8, СТШ-2,8, РТТ-4,2, РУ-4, РУ-4-10 и др.

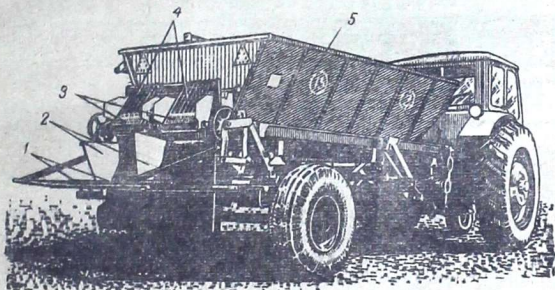


Рис. 16. Разбрасыватель удобрений РУМ-3.

1 — разбрасывающие диски, 2 — туконаправители, 3 — транспортеры,  
4 — дозирующие заслонки, 5 — кузов.

Для внесения жидких минеральных удобрений и, в частности, аммиачной воды или безводного аммиака войдут в производство универсальный подкормщик-опрыскиватель ПОУ-1 и автопоезда грузоподъемностью 5,2 т, состоящие из промежуточного заправщика ЗБА-2,6-817 и цистерны АБА-0,5. Из имеющихся в хозяйствах машин для тех же целей могут быть использованы гербицидно-аммиачные машины ГАН-8 и ГАН-15, подкормщики аммиачные и различные приспособления для внесения в почву жидких удобрений.

Для местного, припосевого, т. е. рядкового или гнездового, внесения удобрений применяются различные комбинированные сеялки и сажалки. Главная их особенность состоит в наличии двух ящиков (или ящика и бака), из которых один предназначается для семян, а другой — для сыпучих удобрений. Удобрения поступают в почву по отдельным раструбам и располагаются несколько ниже семян или сбоку от них. Такое устройство необходимо главным образом для порошковидных удобрений, так как гранулированные или нейтрализованные удобре-

ния (гранулированный суперфосфат, нитрофоска) вносятся в небольших дозах обычными рядовыми сеялками совместно с семенами высеваемой культуры.

Комбинированные сеялки весьма разнообразны и разделяются преимущественно по культурам, семена которых предназначены к посеву с одновременным внесением удобрений. Марки комбинированных сеялок, сажалок, растениепитателей и культиваторов-подкормщиков непрерывно изменяются в процессе конструктивного их улучшения. К комбинированным зерновым сеялкам относятся зерно-туковая навесная сеялка СНК-24 и СЗТ-3,6, а к льяным навесным сеялкам — СЛН-20, СЛН-32, СЛН-48 и прицепная СУЛ-48.

Для посева кукурузы, масличных и бобовых применяется комбинированная сеялка СКГН-6А, а только для кукурузы — СКНК-6, СКНК-8. Посадка картофеля производится картофеле-сажалками с приспособлениями (АУ-2, АУ-4) для локального внесения органических минеральных удобрений: СКМ-6, СНР-2, СН-4Б. Комбинированных свекловичных сеялок довольно много — СТСН-6А, 2СТСН-6А, 3СТСН-6А и др. Для хлопчатника применяются сеялки СТХ-4А, СТХ-4Б и СТХ-4, в овощеводстве — СКОСШ-2,8, СКОН-4,2 и др.

Подкормки пропашных культур производятся культиваторами-растениепитателями или культиваторами-подкормщиками. Эти машины предназначены для междурядной обработки с одновременным внесением минеральных удобрений на глубину 10—16 см. Обычно на брус культиватора устанавливаются туковысевающие аппараты (банки) тарельчатого типа с тукопроводами и подкормочными ножами (сошниками), что обеспечивает высев заданного количества удобрений и заделку их на определенную глубину.

Универсальные культиваторы-растениепитатели (рис. 17) используются с учетом возделываемой культуры, например для кукурузы, подсолнечника и некоторых других культур — 8-рядный КРН-5,6 и 6-рядный КРН-4,2, кукурузы — 4-рядные КРН-2,8А и КРН-2,8М, картофеля — культиватор-окачник навесной 4-рядный КОН-2,8М, сахарной свеклы — культиватор-растениепитатель навесной 12-рядный 2КРН-2,8М, овощей — 4—6-рядный КРСШ-2,8А, хлопчатника — КРХ-4, КРХ-3,6 и т. п.

Для подкормки аммиачной водой можно пользоваться машинами, уже ранее указанными для допосевого внесения жидких удобрений — ПОУ-1, АБА-0,5 и ГАН-8.

Для ранних весенних подкормок озимых культур, многолетних сеяных трав, культурных пастбищ, лугов, а в ряде случаев и для допосевого разбросного внесения удобрений под другие культуры широко применяется сельскохозяйственная авиация — самолеты (ЯК-12, АН-2А) и вертолеты. Авиаподкормки (рис. 18) производят при помощи установленных на самолетах и вертолетах специальных распылителей удобрений. При

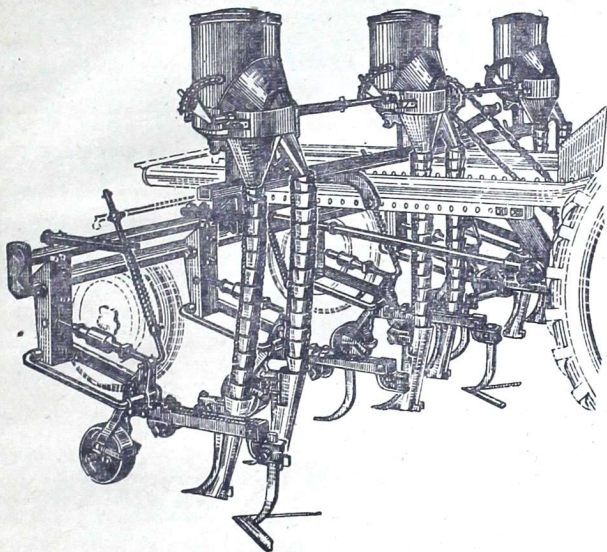


Рис. 17. Культиватор-растениепитатель.

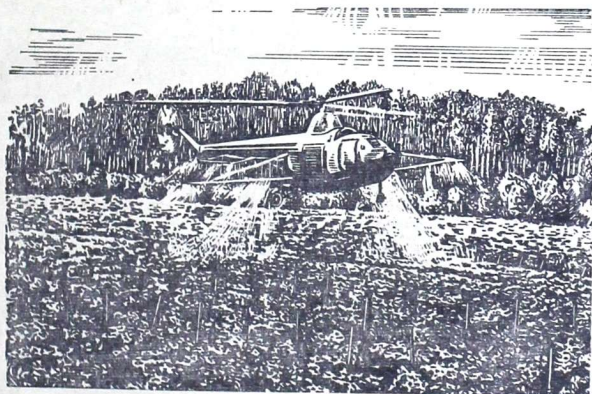


Рис. 18. Подкормка посевов с вертолета.

авиаподкормках расходуется меньше удобрений (вследствие более равномерного распределения), а рабочих, занятых на подкормке, сокращается в 4—5 раз. Часовая производительность при авиаподкормках в 4—30 раз выше, чем при конных и тракторных работах.

#### Вопросы для самопроверки

1. Какие нежелательные изменения происходят в удобрениях при неправильном их хранении?
2. Какие требования предъявляются при постройке хранилища (склада) минеральных удобрений?
3. Как должны храниться удобрения на складе?
4. В чем состоит подготовка удобрений к внесению?
5. Какие удобрения нельзя смешивать?
6. Какое значение имеет механизация работ по применению удобрений?
7. Какие машины применяются для погрузки, измельчения и смешивания удобрений?
8. Какие машины применяются для допосевого (основного) разбросного внесения минеральных удобрений?
9. В каких случаях применяются комбинированные сеялки и сажалки?
10. Какие машины применяются для подкормок в период вегетации растений?
11. Когда можно использовать сельскохозяйственную авиацию для внесения удобрений?

#### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

##### Распознавание минеральных удобрений

**Материалы и оборудование.** Наборы минеральных удобрений и штативы с пробирками, спиртовые или газовые горелки, шпатели, щипцы, металлические ложки, стеклянная палочка.

**Реактивы.** Дистиллированная вода, 10%-ный раствор хлористого бария, 1—2%-ный раствор азотнокислого серебра, 10%-ный раствор щелочи (NaOH или KOH), 10%-ный раствор соляной кислоты, 10%-ный раствор уксусной кислоты, древесный уголь, лакмусовая бумага или универсальный индикатор.

В целях экономии реактивов и времени следует предварительно определить удобрение по внешнему виду и растворимости в воде, а затем уже уточнить название его с помощью химических реактивов.

При определении необходимо иметь в виду следующее.

I. К удобрениям, по внешнему виду мучнистым и нерастворимым или слаборастворимым в воде, относятся: все фосфорнокислые удобрения и из азотных — цианамид кальция; известковые удобрения, а также печная зола.

II. К удобрениям, кристаллическим и полностью растворимым в воде, относятся: азотные, за исключением цианамиды кальция; калийные — хлористый калий и сернокислый калий; из комбинированных — калийная селитра.

III. К удобрениям кристаллическим, но не полностью растворимым в воде (остаются различно окрашенные кристаллы), относятся: сильвинит, 30%-ная и 40%-ная калийные соли.



После того как удобрение отнесено к одной из этих трех групп, нужно уточнить название его с помощью реактивов и раскаленного угля. Для этого растворенное удобрение разливают в 3 пробирки. В одной пробирке проводят реакцию со щелочью, во второй — с  $BaCl_2$  и в третьей — с  $AgNO_3$ . Можно пользоваться и другими характерными качественными реакциями.

Присутствие ионов тех или иных элементов определяется следующими характерными показателями.

$PO_4^{3-}$ . 1. Желтый осадок с  $AgNO_3$ : а)  $Ca(H_2PO_4)_2$  — пожелтение только при легком подщелачивании; б)  $CaHPO_4$  — пожелтение увеличивается при прибавлении уксусной кислоты; в)  $Ca_3(PO_4)_2$  — пожелтение при прибавлении  $AgNO_3$  иногда появляется спустя некоторое время.

$NO_3^-$ . Желтый осадок с молибденовокислым аммонием в присутствии  $HNO_3$ . Вспышка на угле, которая образуется в результате выделения кислорода (при высоких температурах) и активизации им горения угля.

$CO_3^{2-}$ . Вскипание от  $HCl$ .

$SO_4^{2-}$ . 1. Белый кристаллический осадок с  $BaCl_2$ , нерастворимый в уксусной кислоте.

2. Нерастворимый осадок с  $AgNO_3$ , но значительно меньший, чем  $BaCl_2$ .

$Cl^-$ . Белый творожистый осадок с  $AgNO_3$ .

$Na^+$ . 1. Окрашивание пламени в желтый цвет (в селитрах).

2. Белый кристаллический осадок с кислым пиросурьмянистым калием в нейтральной или щелочной среде при охлаждении и потирании стеклянной палочкой.

$K^+$ . 1. Окрашивание пламени в фиолетовый цвет (в селитрах).

2. Желтый осадок с кобальтнитритом натрия.

3. Белый осадок с кислым виннокислым натрием.

$Ca^{2+}$ . Белый кристаллический осадок со щавелевокислым аммонием в присутствии аммиака.

$NH_4^+$ . 1. Выделение аммиака при нагревании со щелочью.

2. Выделение аммиака при сжигании на угле.

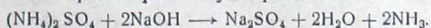
Для испытания удобрения на растворимость в воде берут небольшое количество его и помещают в пробирку, в которую приливают десятикратное количество воды. Пробирку сильно встряхивают.

По внешнему виду и по растворимости удобрения могут быть отнесены к трем группам — I, II и III, что значительно облегчает дальнейшее определение (см. приведенные ниже таблицы).

Для того чтобы проследить поведение удобрения на раскаленном угле, небольшое количество удобрения (несколько небольших кристаллов) помещают на раскаленный докрасна уголь. Если удобрение сразу вспыхивает, значит оно относится к селитрам. Если испытуемое удобрение содержит в своем составе аммонийную ( $NH_4$ ) или амидную ( $NH_2$ ) группу, то на раскаленном угле оно разрушается с выделением запаха аммиака.

На раскаленном угле калийные удобрения потрескивают; фосфорные, известковые и гипс не меняются, запаха не дают, только костяная мука издает запах жженого рога.

Аммиак обнаруживается также при помощи воздействия щелочи на сухое или растворенное удобрение:



**Удобрения I группы — мучнистые и нерастворимые  
или слабо растворимые в воде**

Наиболее распространенные удобрения, относимые к этой группе	Формула основного соединения	Реакция		Прочие признаки
		на $\text{PO}_4^{3-}$	на вскипание	
Цианамид кальция	$\text{CaCN}_2$	—	+	Черно-синий тонкий порошок, запах керосина; если нет запаха керосина, то сильно пылит, черные кольца пены с кислотой. Реакция щелочная
Молотый известняк	$\text{CaCO}_3$	—	+	Белого, желтого или светлосерого цвета. С кислотой сильно пенится и шипит. Реакция нейтральная
Гашеная известь	$\text{Ca(OH)}_2$	—	—	Белый мелкий порошок. Реакция щелочная
Суперфосфат	$\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$	+	—	Мучнистая масса серого цвета с сильным запахом кислоты. Реакция кислая
Преципитат	$\text{CaHPO}_4$	+	—	Светлый порошок без запаха
Костяная мука	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	+	—	Грязно-белый, серый порошок. На угле запах жженой кости и потемнение. Реакция нейтральная
Апатитовый концентрат	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$	+	—	По внешнему виду напоминает толченное стекло. Если насыпать на руку и капнуть каплю воды, удобрение не смачивается и капля перекапывается, как ртуть
Зола	$\text{K}_2\text{CO}_3 +$ + фосфор + + уголь и другие примеси	+	+	Помимо реакции на $\text{PO}_4^{3-}$ , дает реакцию на калий. Очень легкий пылящий порошок, иногда с кусочками угля. С кислотой шипит и пенится
Фосфоритная мука	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$	+	+	Темно-серый или землистого цвета порошок. Вскипает от кислоты. Реакция нейтральная
Томашлак	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaO}$	+	+	Темно-коричневый тяжелый порошок. В качестве примеси содержит серу, поэтому с $\text{HCl}$ дает запах сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ )

Для испытания небольшое количество удобрения помещают в сухую фарфоровую чашку или ложечку и к нему приливают равное количество 10%-ного раствора щелочи. Выделяющийся аммиак легко обнаружить по запаху. При испытании водного раствора удобрения в пробирке смесь его со щелочью необходимо подогреть для более активного выделения аммиака.

**Удобрения II группы — кристаллические и полностью растворимые в воде**

Наиболее распространенные удобрения, относимые к этой группе	Формула основного соединения	Реакция			Поведение на раскаленном угле	Прочие признаки
		со щелочью на аммиачную группу	с $\text{BaCl}_2$ на $\text{SO}_4^{2-}$	с $\text{AgNO}_3$ на $\text{Cl}^-$		
Аммиачная селитра	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	+	—	—	Вспышка. Запах аммиака	Крупнокристаллическая или в виде гранул желтая соль
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	+	+	—	Запах аммиака	Голубая или белая мелкокристаллическая соль
Хлористый аммоний	$\text{NH}_4\text{Cl}$	+	—	+	То же	Белая мелкокристаллическая соль
Натриевая селитра	$\text{NaNO}_3$	—	—	—	Вспышка. Желтый цвет пламени	Белая кристаллическая соль
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	—	—	—	Плавится. Налет извести	Белая мелкокристаллическая или в виде гранул соль
Калийная селитра	$\text{KNO}_3$	—	—	—	Вспышка. Фиолетовый цвет пламени	Белая мелкокристаллическая соль
Мочевина	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	—	—	—	Плавится. Запах аммиака	То же
Хлористый калий	$\text{KCl}$	—	—	+	Не изменяется или потрескивает	Серая мелкокристаллическая соль
Сернокислый калий	$\text{K}_2\text{SO}_4$	—	+	—	То же	Белая мелкокристаллическая соль

Определение реакции водного раствора удобрения производят с помощью лакмусовой бумаги. Для этого 2—3 г удобрения смешивают с небольшим количеством воды (3—5 мл) и в смесь опускают полоску красной и синей лакмусовой бумаги. При кислой реакции удобрения синяя лакмусовая бумага краснеет, при щелочной — красная лакмусовая бумага синееет, при нейтральной реакции обе не изменяются.

Применение описанных реакций и испытаний удобрений проводится в определенной последовательности.

Удобрения III группы — кристаллические, но не полностью растворимые в воде (остаются различно окрашенные кристаллы)

Наиболее распространенные удобрения, относимые к этой группе	Формула основного соединения	Реакция с $\text{AgNO}_3$ на $\text{Cl}^-$	Поведение на раскаленном угле	Прочие признаки
Сильвинит	$\text{KCl} + \text{NaCl}$	+	Потрескивает	Крупные белые кристаллы с примесью различно окрашенных кристаллов
30% -ные и 40% -ные калийные соли	$\text{KCl} + \text{NaCl}$	+	Потрескивает	Удобрения более мелкого помола, но также с примесью различно окрашенных кристаллов

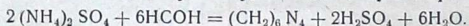
Для распознавания удобрений могут быть использованы другие схемы, таблицы и определители из различных книг и брошюр, так как во всех случаях они основаны на внешнем виде удобрений, их растворимости и простейших качественных химических реакциях.

### Определение содержания азота в аммиачных и аммиачно-нитратных удобрениях

**Материалы и оборудование.** Удобрения, теххимические весы, колбы емкостью 200—250 мл, мерный цилиндр, воронки и фильтры, пипетки на 25 мл.

**Реактивы.** Метилрот (индикатор), 25%-ный раствор формалина, 0,5-нормальный раствор  $\text{NaOH}$  или  $\text{KOH}$ .

**Сущность метода.** Метод основан на связывании аммиака с помощью формалина в органическое соединение — гексаметилентетрамин  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  в условиях нейтральной среды. Одновременно образуется минеральная кислота  $(\text{H}_2\text{SO}_4)$  в количестве, эквивалентном аммиачному азоту, находящемуся в растворе:



По количеству образовавшейся кислоты (которая учитывается титрованием щелочью) определяется количество аммиачного азота.

**Ход работы.** 1. На теххимических весах взять навеску сульфата аммония 2,5 г.

2. Навеску поместить в коническую колбу емкостью 200—250 мл и добавить 100 мл дистиллированной воды.

3. Раствор перенести в мерный цилиндр на 125 мл.

4. Колбу несколько раз сполоснуть дистиллированной водой, перенося жидкость в тот же цилиндр, и довести раствор в нем дистиллированной водой до 125 мл. Если удобрение загрязнено

и раствор получается мутный, его надо отфильтровать и лишь потом объем раствора довести до 125 мл и тщательно перемешать.

5. Для анализа из цилиндра взять пипеткой 25 мл раствора и перенести в коническую колбу емкостью 200—250 мл, сюда же прибавить 2 капли метилрота, и если раствор окрашивается в розовый цвет, т. е. имеет кислую реакцию, то кислотность его нейтрализовать 0,1-нормальным раствором щелочи (NaOH или KOH) до момента перехода розовой окраски в золотисто-желтую.

6. Одновременно во вторую такую же колбочку взять 20 мл 25%-ного раствора формалина и также прибавить туда 2 капли метилрота, нейтрализовать 0,1-нормальным раствором NaOH или KOH до появления золотисто-желтой окраски.

7. Приготовленный раствор формалина влить в нейтрализованный раствор анализируемого удобрения. Сразу после сливания исследуемый раствор изменяет окраску вследствие выделения кислоты при реакции формалина с аммиаком.

8. В смешанный раствор прибавить 2—3 капли фенолфталеина и выделившуюся кислоту титровать 0,5-нормальным раствором щелочи (NaOH или KOH).

Так как в колбе, где проводится титрование, содержится 2 индикатора, изменение окраски при титровании наблюдается дважды: сначала от метилрота (при pH 6,2) розовая окраска перейдет в бледно-желтую, а затем от фенолфталеина последняя снова сменится до слабо-розовой (при pH 8,2).

9. По количеству затраченной на титрование щелочи учесть аммиачный азот в анализируемом удобрении. Конец титрования определяется появлением слабо-розовой окраски.

10. Произвести вычисления, зная, что 1 мг·экв аммония освобождает 1 мг·экв кислоты, которая для своей нейтрализации требует 1 мг·экв щелочи; 1 мл 0,5-нормальной щелочи содержит 0,5 мг·экв и отвечает, таким образом, 0,5 мг·экв аммония, 1 мг·экв аммония содержит 14 мг азота, а 0,5 мг·экв — 7 мг.

Процент азота в удобрении вычислить по формуле:

$$X = \frac{a \cdot k \cdot 0,007 \cdot 100}{H}$$

где: X — процент азота в удобрении;

a — количество миллилитров 0,5-нормальной щелочи, израсходованной на титрование;

k — поправка к титру 0,5-нормальной щелочи;

0,007 — коэффициент для перехода от миллилитров щелочи к граммам азота (1 мл 0,5-нормальной щелочи отвечает 0,007 г азота);

H — навеска вещества в объеме раствора, взятого для анализа в 25 мл;

100 — коэффициент для пересчета результатов в проценты.

Приведенная формула учитывает азот, который содержится в удобрении в аммиачной форме. Если определяется азот в  $\text{NH}_4\text{Cl}$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , полученная по формуле цифра отвечает полному содержанию азота. Если же анализируется аммиачная селитра  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , то учитывается только аммиачный азот. Чтобы получить общее содержание азота в  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , необходимо результат анализа удвоить, так как количество аммиачного и нитратного азота в этом соединении одинаково.

11. Данные анализа записать по следующей форме:

№ образца	Навеска удобрения (г)	Навеска раствора в объеме воды (мл)	Взято для определения филтрат (мл)	Пошло на титрование 0,5-нормального щелочи (мл)	Поправка к титру 0,5-нормального раствора щелочи	Пошло на титрование 0,5-нормального раствора щелочи (мл)	Навеска удобрения в объеме раствора для анализа (мл)	Содержание азота в удобрении (процент)	
								на воз-душ-ное ве-щество	на абсо-лютно су-хое ве-щество

### Определение содержания азота в селитре

**Материалы и оборудование.** Образец удобрения, теххимические весы, стакан емкостью 250—500 мл, электрическая плитка, воронка с фильтром, мерная колба на 100 мл, промывалка, отгоночный аппарат Кьельдаля, градуированная пипетка, титровальная установка, стеклянная палочка.

**Реактивы.** 0,1-нормальный раствор серной кислоты, метилрот, сплав Де-варда, 40%-ный раствор щелочи, лакмусовая бумага, 0,1-нормальный раствор целести.

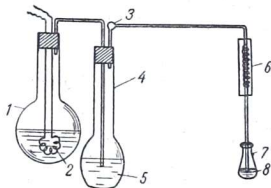


Рис. 19. Аппарат для отгона аммиака.

1 — парообразователь, 2 — спираль, 3 — каплеуловитель, 4 — отгоночная колба, 5 — испытуемый раствор (1/2 объема колбы), 6 — холодильник, 7 — приемник, 8 — титрованная  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**Сущность метода.** Метод основан на восстановлении нитратного азота до аммиака в щелочной среде с последующим отгоном аммиака в титрованную серную кислоту. По количеству связанной серной кислоты рассчитывается количество азота в удобрении. Определение проводится в специальном аппарате для отгона аммиака (рис. 19).

Прибор для отгона аммиака имеет отгоночную колбу, куда помещается испытуемый раствор. Отгоночная колба через каплеуловитель и холодильник соединена с приемником. Приемник представ-

ляет собой колбу с раствором титрованной серной кислоты. Отгоночная колба или соединена с парообразователем (в том случае, если нагрев производится паром), или стоит на электрической плитке. Если нагрев испытуемого раствора производится паром, то в процессе работы количество жидкости в от-

гоночной колбе увеличивается за счет поступающего пара из парообразователя. Поэтому чтобы не набралось слишком много жидкости в отгоночной колбе раньше, чем будет отогнан весь аммиак, в нее нельзя приливать раствора больше чем на  $\frac{1}{3}$  объема колбы.

Для избежания потерь аммиака нужно внимательно следить за тем, чтобы на всем пути его следования было плотное соединение между отдельными частями трубок. Пробка в отгоночную колбу должна быть вставлена достаточно плотно. Следует проверить соединение каплеуловителя с холодильником. Кончик трубки холодильника должен быть погружен в кислоту (особенно в начале отгона).

Нельзя допускать бурного кипения испытуемого раствора в отгоночных колбах, так как это может вызвать перебрасывание щелочи из отгоночной колбы в приемник. При очень слабом нагреве, наоборот, нужно опасаться засасывания кислоты из приемника в отгоночную колбу. Если засасывание кислоты из приемника началось, необходимо усилить нагрев и на некоторое (очень короткое) время вынуть кончик холодильника из раствора. Пузырек воздуха проникает через трубку в отгоночную колбу, давление восстановится и засасывание прекратится.

Необходимо наблюдать за изменением окраски в приемнике. При заметной потере розовой окраски нужно быстро добавить несколько миллилитров титрованной  $H_2SO_4$  в приемник, так как взятой  $H_2SO_4$  не хватило на связывание выделившегося аммиака.

**Ход работы.** 1. На теххимических весах отвесить 1 г селитры.

2. Навеску перенести в стакан, облить 50 мл дистиллированной воды и нагреть до кипения, помешивая раствор стеклянной палочкой.

3. Горячий раствор фильтровать через сухой фильтр в мерную колбу на 100 мл, а стакан ополоснуть 4—5 раз горячей водой, сливая промывные воды на фильтр.

4. По охлаждении довести объем раствора дистиллированной водой до метки и тщательно перемешать.

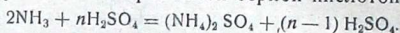
5. В приемную колбу аппарата Кьельдаля для улавливания аммиака налить 50 мл 0,1-нормальной серной кислоты, прибавить 5 капель метилрота и кончик трубки холодильника опустить в кислоту.

6. Поместить в отгоночную колбу аппарата 10 мл раствора удобрения. Для этого осторожно вынуть пробку, прибавить около 100 мл дистиллированной воды, 1 г сплава Дебарда, 20 мл 40%-ного раствора щелочи (осторожно по стенке колбы, не взбалтывая) и тотчас же соединить колбу с прибором, плотно вложив пробку.

7. Открыть кран водопровода, к которому присоединен холодильник.

8. Включить парообразователь.

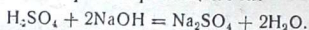
Для восстановления нитратов до аммиака необходимо наличие водорода. Выделение водорода происходит за счет реакции между щелочью и сплавом Дебарда, который состоит из 50% меди, 45% алюминия и 5% цинка. Выделяющийся аммиак улавливается в приемнике титрованной серной кислотой:



9. Подогрев продолжать до тех пор, пока весь аммиак не будет отогнан в титрованную кислоту.

Конец отгона определяют по смоченной водой лакмусовой бумажке, которую подносят к кончику холодильника. Если лакмусовая бумажка не синее, значит выделение аммиака прекратилось.

10. По окончании отгона содержимое приемной колбы оттитровать 0,1-нормальным раствором щелочи:



По разности между взятым и оставшимся количеством  $\text{H}_2\text{SO}_4$  устанавливают количество кислоты, которое связалось аммиаком.

11. Содержание азота в селитре вычислить по формуле:

$$X = \frac{(ak_1 - vk_2) \cdot 0,0014 \cdot 100}{H},$$

где:  $X$  — процент азота в селитре;

$a$  — количество миллилитров 0,1-нормального раствора серной кислоты в приемной колбе;

$v$  — количество миллилитров 0,1-нормального раствора щелочи, израсходованное на титрование;

0,0014 — коэффициент для пересчета на азот;

100 — коэффициент для пересчета в проценты;

$H$  — навеска в граммах, отвечающая объему раствора удобрения, взятого для отгона;

$k_1$  — поправка к титру кислоты;

$k_2$  — поправка к титру щелочи.

Если азот в удобрениях находится в амидной форме, то его определяют по методу Кьельдаля. Удобрение сжигают в концентрированной серной кислоте, при этом азот восстанавливается до аммиака, образуя с серной кислотой  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , аммиак которого отгоняется в титрованную серную кислоту. По количеству связанной серной кислоты рассчитывают количество азота.

12. Данные анализа записывают по следующей форме:

№ образца	Навеска удобрения (г)	Навеска раствора в объеме воды (мл)	Взято испытуемого раствора для отгона аммиака (мл)	Навеска удобрения, соответствующая объему раствора, взятому для определения (г)	Взято 0,1-нормальной $\text{H}_2\text{SO}_4$ в приемник (мл)



Поправка к титру $H_2SO_4$	Итого взято 0,1-нормальной $H_2SO_4$ в приемник (мл)	Пошло на титрование 0,1-нормальной щелочи (мл)	Поправка к титру 0,1-нормальной щелочи

Итого пошло на титрование 0,1-нормальной щелочи (мл)	Количество 0,1-нормальной $H_2SO_4$ , связанное аммиаком (мл)	Количество азота в удобрении (процент)

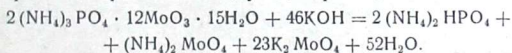
### Определение воднорастворимой фосфорной кислоты в суперфосфате объемным молибденовым методом

**Материалы и оборудование.** Образец удобрения, теххимические весы, фарфоровая ступка, колба с пробкой, ротатор или качалка для взбалтывания, мерная колба или цилиндр на 250 мл, воронка с фильтром, градуированная пипетка, стаканчик, электрическая плитка, стеклянная палочка, титровальная установка, промывалка.

**Реактивы.** 10%-ный раствор аммиака, азотная кислота удельного веса 1,4, насыщенный раствор азотнокислого аммония, молибденовый реактив, лакмусовая бумага, 0,3265-нормальный раствор КОН, фенолфталеин, 0,3265-нормальный раствор серной кислоты.

**Сущность метода.** Принцип метода состоит в том, что фосфорная кислота осаждается молибденовокислым аммонием в кислом растворе в виде комплексного осадка фосфорноаммонийной молибденовой соли  $(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3 \cdot 15H_2O$ .

Полученный осадок растворяется в избытке титрованной щелочи. При этом протекает следующая реакция:



Избыток щелочи определяется обратным титрованием кислотой. По количеству пошедшей на растворение осадка щелочи определяется содержание  $P_2O_5$  в удобрении.

**Ход работы.** 1. В фарфоровой ступке растереть 5 г суперфосфата с 15—20 мл воды.

2. Перенести удобрение в колбу для взбалтывания, омывая ступку несколько раз дистиллированной водой, довести объем жидкости до 200 мл.

3. Содержимое колбы сильно и непрерывно взбалтывать в течение 30 минут на ротаторе.

4. Раствор перенести в мерную колбу или цилиндр на 250 мл, долить водой до метки и, хорошо перемешав, фильтровать через сухой фильтр.
5. Пипеткой отмерить в стаканчик 10 мл фильтрата.
6. Нейтрализовать 10%-ным аммиаком до появления мути.
7. Прибавить 5 мл азотной кислоты удельного веса 1,4.
8. Прибавить 10 мл насыщенного раствора  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и довести жидкость водой примерно до 60 мл.
9. Жидкость нагреть до кипения.
10. Снять с огня и сразу прибавить 10 мл молибденового реактива.
11. Помешать палочкой, не касаясь (строго не касаясь!) стенок стакана и оставить стоять одну минуту.
12. Прибавить еще 5 мл молибденового реактива, помешать и через 10 минут фильтровать через маленький, сухой, плотный фильтр, стараясь не переносить осадка из стакана на фильтр.
13. Осадок на стакане промыть декантацией 2 раза 1%-ной азотной кислотой.
14. Перенести осадок на фильтр и промыть водой до вполне нейтральной реакции (проба лакмусовой бумагой).
15. Промытый осадок вместе с фильтром поместить в тот же стакан, в котором проводилось осаждение.
16. Прилить из бюретки титрованный раствор (записать количество кубиков!) 0,3265-нормальной КОН до полного растворения желтого осадка. Размешать жидкость палочкой так, чтобы фильтр в стакане разорвался на мелкие части.
17. Прибавить немного воды и 3 капли фенолфталеина.
18. Оттитровать избыток щелочи 0,3265-нормальным раствором серной кислоты.
19. Разность между числом миллилитров щелочи и кислоты, израсходованных при титровании, дает абсолютное количество  $\text{P}_2\text{O}_5$  в миллиграммах, так как каждый миллилитр 0,3265-нормальной щелочи точно соответствует 1 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  в желтом молибденовом осадке.

20. Вычислить процент  $\text{P}_2\text{O}_5$  в удобрении по формуле:

$$X = \frac{(ak - vk_1) \cdot 100}{H \cdot 1000},$$

- где:  $X$  — процент  $\text{P}_2\text{O}_5$  в удобрении;  
 $a$  — количество миллилитров 0,3265-нормальной щелочи, пошедшей на растворение осадка;  
 $v$  — количество миллилитров 0,3265-нормальной кислоты, пошедшей на титрование избытка щелочи;  
 $k$  — поправка к титру щелочи;  
 $k_1$  — поправка к титру кислоты;  
 $H$  — граммы удобрения, соответствующие вытяжке, взятой на определение;  
 100 — коэффициент для пересчета в проценты;

1000 — коэффициент для пересчета в миллиграммы.

21. Данные анализа записать по следующей форме:

№ образца	Навеска удобрения (г)	Навеска растворена в объеме воды (мл)	Взято испытуемого раствора для определения (мл)	Навеска удобрения, соответствующая раствору, взятому на определение (г)	Пошло на растворение осадка 0,3265-нормальной щелочи (мл)	Поправка к титру 0,3265-нормальной щелочи

Продолжение

Итого пошло на растворение 0,3265-нормальной щелочи (мл)	Пошло на титрование 0,3265-нормальной $H_2SO_4$ (мл)	Поправка к титру 0,3265-нормальной $H_2SO_4$	Итого пошло на титрование 0,3265-нормальной $H_2SO_4$ (мл)	Связалось 0,3265-нормальной щелочи с $P_2O_5$ (мл)	$P_2O_5$ в удобрении (процент)

### Определение калия в калийных удобрениях в виде его виннокислой соли

**Материалы и оборудование.** Набор калийных удобрений, теххимические весы, колба или стакан емкостью 200 мл, стеклянная палочка, воронка, фильтр, мерная колбочка или цилиндр на 50 мл, градуированная пипетка (или микропипетка), электроплитка.

**Реактивы.** 0,33-нормальный раствор кислого виннокислого натрия, фенолфталеин, 0,1-нормальный раствор NaOH.

**Сущность метода.** Метод основан на том, что при прибавлении к KCl,  $K_2SO_4$  или  $KNO_3$  кислого виннокислого натрия ( $NaHC_4H_4O_6$ ) калий связывается в труднорастворимую соль:



Избыток кислого виннокислого натрия, не пошедшего на связывание калия, оттитровывается щелочью. По количеству израсходованного кислого виннокислого натрия вычисляют содержание калия в испытуемом растворе.

**Ход работы.** 1. Поместить в колбу или стакан емкостью 200 мл 5 г мелко истолченного удобрения.

2. Прибавить около 40 мл дистиллированной воды и нагреть, помещивая стеклянной палочкой, до полного растворения соли.

3. Раствор фильтровать в мерную колбу или цилиндр емкостью 50 мл.

4. По охлаждении раствор довести дистиллированной водой до метки.

5. Содержимое перемешать взбалтыванием.

6. Для определения взять микропипеткой 1 мл вытяжки в стаканчик емкостью 50 мл.

7. Прибавить 10 мл 0,33-нормального раствора кислого виннокислого натрия, соответствующего 33 мл 0,1-нормального его раствора (10 · 3,3).

8. В течение 15 минут помешивать испытуемый раствор стеклянной палочкой для осаждения осадка.

9. Осадок кислого виннокислого калия отфильтровать (через сухой фильтр).

10. Взять 5 мл фильтрата в колбу, прибавить 3 капли фенолфталеина и титровать до слабого порозовения.

11. Произвести вычисления, зная, что 1 мл 0,1-нормального раствора кислого виннокислого натрия, израсходованного на связывание калия, отвечает 0,0047 г  $K_2O$ .

Сначала следует определить, какое количество 0,1-нормального раствора кислого виннокислого натрия прилито к вытяжке удобрения:

$$a = \frac{10 \cdot 3,3 \cdot 5}{11},$$

где:  $a$  — количество миллилитров 0,1-нормального раствора кислого виннокислого натрия, прилитое к вытяжке удобрения;

10 — количество миллилитров 0,33-нормального раствора кислого виннокислого натрия;

3,3 — коэффициент для перевода 0,33-нормального раствора кислого виннокислого натрия в 0,1-нормальный (0,33 : 0,1 = 3,3);

5 — количество миллилитров раствора, взятое для титрования 0,1-нормальным раствором щелочи;

11 — количество миллилитров кислого виннокислого натрия (10 мл) и фильтрата (1 мл).

После того как будет установлено количество 0,1-нормального раствора кислого виннокислого натрия, прилитое к вытяжке из удобрения, следует, пользуясь приведенной ниже формулой, определить содержание калия в удобрении:

$$X = \frac{(aT_1 - vT_2) \cdot 0,047 \cdot 2,2 \cdot 100}{H},$$

где:  $X$  — содержание  $K_2O$  в удобрении (в процентах);

$a$  — количество 0,1-нормального раствора кислого виннокислого натрия;

$T_1$  — поправка к титру кислого виннокислого натрия;

$v$  — количество 0,1-нормального раствора щелочи;

$T_2$  — поправка к титру 0,1-нормального раствора щелочи;

$H$  — навеска удобрения, соответствующая 1 мл фильтрата.

12. Данные анализа записать по следующей форме:

№ образца	Навеска удобрения (г)	Навеска растворена в объеме воды (мл)	Взято для определения фильтра (мл)	Навеска удобрения, соответствующая объему раствора, взятому для определения (г)	Количество прилитого 0,33-нормального кислотного виннокислого натрия (мл)	Поправка к титру кислотного виннокислого натрия

Продолжение

Всего прилило кислотного виннокислого натрия (мл)	Взято фильтрата на титрование (мл)	Навеска удобрения, соответствующая объему раствора, взятого на титрование (г)	Пошло 0,1-нормального раствора щелочи на титрование (мл)	Поправка к титру 0,1-нормального раствора щелочи	Всего пошло на титрование 0,1-нормального раствора щелочи (мл)	Содержится $K_2O$ в удобрении (процент)

#### Вопросы для самопроверки

1. Какие удобрения по внешнему виду мучнистые (некристаллические), нерастворимые или слабо растворимые в воде?
2. Какие удобрения кристаллические, полностью растворимы в воде?
3. Как обнаружить присутствие иона хлора в удобрениях?
4. Как определяется содержание азота в аммиачных удобрениях?
5. Как определяется содержание азота в селитре?
6. Как определяется содержание воднорастворимого фосфора в суперфосфате?
7. Как определяется содержание калия в калийных удобрениях?

Глава V  
**ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ**

**ПОНЯТИЕ ОБ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ**

Органические удобрения представляют собой вещества растительного и животного происхождения. Это полные, всесторонне действующие удобрения\*. Полными их называют потому, что с ними в почву поступают все необходимые растениям элементы питания. Содержание основных элементов питания в наиболее распространенных органических удобрениях приводится в табл. 43.

Таблица 43

Содержание питательных веществ в 1 т органических удобрений  
(в килограммах)

Удобрения	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Удобрения	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Навоз (полуперепревший) . . . . .	5,0	2,5	6,0	Фекалии . . . . .	6,0	3,0	2,0
Навозная жижа . . . . .	2,5	0,6	3,6	Птичий помет:			
Торф (влажность 70%):				гусей . . . . .	5,5	5,4	9,5
верховой . . . . .	3,0	0,3	0,3	уток . . . . .	10,0	14,0	9,5
низинный . . . . .	9,0	1,2	0,6	кур . . . . .	16,3	15,4	8,5

При внесении органических удобрений в почву они не только обогащают ее многими элементами питания, но и улучшают водные, воздушные и тепловые свойства, т. е. в целом улучшают почву. Главным органическим удобрением является навоз.

**НАВОЗ**

**Значение навоза.** В качестве удобрения навоз имеет исключительную ценность. По мнению Д. И. Менделеева, который более 40 лет своей жизни отдал глубокому исследованию вопросов сельского хозяйства, навоз является одним из лучших удобрений.

В чем же заключается ценность навоза? Уже указывалось, что навоз является источником основных элементов питания. Если подсчитать, какое количество элементов питания вносится

\* За исключением бактериальных.

ежегодно в почву с навозом, то получают грандиозные цифры. В среднем в СССР ежегодно можно вносить исходя из наличного поголовья скота около 500 млн. т навоза. Это равняется 2,5 млн. т азота, более 1 млн. т  $P_2O_5$ , 3 млн. т  $K_2O$ , т. е. больше, чем дает вся промышленность в минеральных удобрениях.

Навоз является источником всех тех микроэлементов, которые входят в состав растений, а значит, необходимы для растительного организма. Это бор, марганец, цинк, кобальт, сера, железо и ряд других.

С навозом вносится в почву большое количество микроорганизмов, которые разлагают органическое вещество навоза и почвы и тем самым переводят питательные вещества в доступную для растений форму. Количество микроорганизмов, вносимое с навозом, огромно. Так, в среднем в 40 т навоза (это обычная доза навоза на подзолистых почвах) содержится около 500 кг микроорганизмов.

Навоз является источником углекислого газа, который образуется при его разложении и может использоваться растениями в процессе синтеза органического вещества. При его разложении почва обогащается перегноем, который улучшает структуру, а следовательно, водные, воздушные и тепловые свойства почвы. Под влиянием обогащения перегноем тяжелые глинистые почвы становятся более рыхлыми и легче поддаются обработке и, наоборот, песчаные становятся более связными и лучше удерживают влагу. Перегной придает почве темную окраску, и такие почвы лучше и быстрее прогреваются. Бесструктурные почвы под влиянием навоза приобретают структуру. На структурных почвах навоз предохраняет структуру от разрушения.

Навоз обладает «мягкостью» действия. Он медленно, по мере разложения органического вещества, отдает элементы питания растениям. В связи с этим навоз обладает длительным последствием (в среднем в течение 4—5 лет и даже более).

Кроме того, в навозе содержатся различные так называемые ростовые вещества (типа ауксина, гетероауксина, гиббереллина и т. п.), которые способствуют росту и развитию растений.

Навоз эффективен во всех почвенно-климатических зонах (табл. 44).

Относительно невысокие прибавки урожая от внесения навоза на юго-востоке объясняются главным образом недостатком влаги. Когда же вопрос с влагой разрешается положительно, то даже на приазовских тучных черноземах, которые содержат более 10% гумуса и имеют мощность гумусированного горизонта больше 1 м, навоз оказывает хорошее действие на урожайность сельскохозяйственных культур. В нечерноземной зоне его действие особенно эффективно. По данным ряда опытных станций, прибавки от внесения 36 т навоза на 1 га в северных районах составляют 60—100%.

**Средние прибавки урожая (в ц с 1 га) от внесения навоза  
в основных природных зонах СССР**

(данные ряда научно-исследовательских учреждений)

Зона	20 т навоза на 1 га			30 т навоза на 1 га		
	действие на 1-й культуре (озимые зерновые)	последствие в пере- счете на урожай зерна		действие на 1-й культуре (озимые зерновые)	последствие в пере- счете на урожай зерна	
		1-й год	2-й год		1-й год	2-й год
Подзолистая . . .	6,5	3,4	2,5	7,4	5,7	3,8
Черноземная . . .	4,5	4,0	3,2	5,2	5,5	4,6
Засушливая юго- восточная . . .	2,2	3,5	3,0	3,0	4,0	3,8

**Состав навоза.** Навоз представляет собой смесь твердых и жидких выделений сельскохозяйственных животных с подстилкой или без нее.

В зависимости от способов содержания скота различают навоз обычный стойловый (твердый), полужидкий и жидкий.

Обычный стойловый (твердый) навоз имеет влажность до 81%. Получают его при содержании скота в стойловый период на глубокой подстилке из 4—6 кг соломы или 8—14 кг торфяной крошки на 1 корову в сутки. Хранить его можно в штабелях.

Полужидкий навоз содержит 81—87% воды. Образуется он при содержании скота с применением небольшого количества подстилки (до 1 кг на 1 корову в сутки) и ежедневной уборке навоза из животноводческих помещений.

Жидкий навоз получают при бесподстилочном содержании скота на полах со специальным покрытием с ежедневным удалением навоза. Представляет собой смесь кала, мочи и некоторого количества технологических отходов воды. На фермах крупного рогатого скота воды в нем бывает 92—93%, на свинофермах — до 97%. Он имеет хорошую текучесть и может транспортироваться самотеком по трубам, каналам, пневмо- и гидротранспортной системой.

Состав навоза сильно изменяется в зависимости от соотношения в нем твердых и жидких выделений животных. Основная масса калия находится в жидких выделениях животного. Фосфор содержится преимущественно в твердых выделениях. Азота много и в жидких, и в твердых выделениях.

Состав навоза изменяется в зависимости от количества и качества корма. Чем богаче корм белком, тем больше в навозе азота; чем водянистее корм, тем больше в нем калия.



Состав навоза зависит и от вида животных. Конский навоз богаче азотом и отчасти фосфором, чем навоз крупного рогатого скота и свиней. Это более сухой, рыхлый навоз, быстро разлагающийся при хранении. В практике его называют поэтому горячим и часто применяют для набивки и обогрева парников. Овечий навоз по своим свойствам близок к конскому, но содержит еще больше азота. Навоз крупного рогатого скота и свиней влажный, плотный, слабо разогревающийся. В практике его называют холодным, так как в почве он разлагается медленно. Питательных веществ он содержит меньше, чем навоз лошадей и овец.

Количество и качество подстилки сильно влияют на состав навоза. Для подстилки употребляются разнообразные материалы: солома, торф, древесная листва, опилки и пр. Самое чистое и мягкое ложе для скота дают солома и сухой моховой торф. По способности поглощать и удерживать жидкие выделения и газы первое место занимает моховой торф (табл. 45).

Таблица 45

Поглотительная способность подстилочных материалов

Подстилочный материал	Количество жидкости (частей), удерживаемое 100 весовыми частями подстилки	Количество аммиака (г), поглощаемое 1 кг подстилки
Солома . . . . .	200—300	0,8—3,5
Торф:		
луговой . . . . .	500—700	—
моховой . . . . .	1000—1200	25,0—40,0
Опилки . . . . .	410—450	2,0—5,0

Из приведенных данных видно, что 100 весовых частей мохового торфа могут удержать 1000—1200 весовых частей воды, в то время как солома удерживает только 300 частей. Таким образом, моховой торф лучше других подстилочных материалов поглощает жидкие и газообразные выделения и этим предохраняет навоз от потерь содержащихся в нем питательных веществ. Чем лучше высушен (но не пересушен) торф, тем полнее он поглощает жидкие выделения животных. Влажность торфа для подстилки не должна превышать 50%.

По содержанию азота торф также превосходит солому. Так, в соломе в среднем бывает 0,5—0,6% азота, а в разных торфах — 0,8—2,25%.

Д. Н. Прянишников придавал большое значение торфу как подстилочному материалу. Он считал, что применение торфа в подстилку — путь постепенного перехода от азота торфа к азоту хлеба. Действительно, 1 т сухой торфяной подстилки может

обеспечить накопление 4—5 т хорошего навоза, а 1 т навоза дает прибавку урожая зерна, в среднем равную 1 ц.

На подстилку можно использовать и сухую крошку топливного торфа фрезерной заготовки. Учитывая, что ее поглотительная способность в 2—3 раза меньше, чем у мохового подстилочного торфа, дозу ее следует соответственно увеличивать.

Солома озимых и яровых хлебов также является хорошим подстилочным материалом. Для более полного поглощения жидких выделений ее можно использовать на подстилку в виде резки длиной 8—10 см.

Преимущество торфяного навоза перед соломенным состоит в более высоком содержании питательных веществ.

При использовании на подстилку древесных опилок получается навоз плохого качества, с низким содержанием азота и большим количеством медленно разлагающейся клетчатки. Такой навоз лучше применять в качестве биотоплива на парниках и лишь на следующий год вносить на поля в виде перегноя.

Примерные нормы подстилки на 1 голову в сутки приведены в табл. 46.

Таблица 46

Примерные суточные нормы подстилки для разных видов животных  
(в кг на 1 голову)

Вид животных	Солома зерновых культур	Верховой слаборазложившийся торф с влажностью 40—50%	Сухая торфяная крошка переходного и низинного торфа
Крупный рогатый скот (при стойловом содержании) . . . . .	4—6	3—4	10—20
Лошади . . . . .	3—5	2—3	8—10
Свиноматки с поросятами	5—6	3—4	—
Холостые свиноматки и хряки . . . . .	2—3	1—1,5	5—6
Откормочные свиньи . . . . .	1,0—1,5	0,5—1,0	2—3

Полученный в результате смешивания выделений животных и подстилки свежий навоз примерно имеет состав, приведенный в табл. 47.

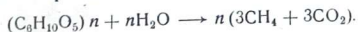
**Хранение навоза.** Изменения, происходящие в навозе при его хранении. При хранении состав навоза подвергается изменениям в результате развивающейся в нем интенсивной микробиологической деятельности.

Разложение навоза более интенсивно идет в аэробных условиях, т. е. при хорошем доступе воздуха, поэтому уплотнением навоза и созданием в нем анаэробных условий можно регулировать скорость разложения навоза и температуру его разогревания.

При доступе воздуха безазотистые органические вещества навоза распадаются до углекислого газа и воды, например:



а без доступа кислорода — до метана и углекислого газа:



В результате выделения углекислого газа, метана и воды вес навоза при хранении всегда уменьшается. Уменьшение общего

Таблица 47

Состав свежего навоза в зависимости от вида животных и подстилки ( в процентах )

Вещества, входящие в состав навоза	Навоз из соломенной подстилке				Навоз на торфяной подстилке	
	крупного рогатого скота	конский	овец	свиней	крупного рогатого скота	конский
Вода . . . . .	77,30	71,30	64,60	72,40	77,50	67,00
Органическое вещество . . . . .	20,30	25,40	31,80	25,00	—	—
Азот общий . . . . .	0,45	0,58	0,83	0,45	0,60	0,80
В том числе аммиачный . . . . .	0,14	0,19	—	0,20	0,18	0,28
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) . . . . .	0,23	0,28	0,23	0,19	0,22	0,25
Калий (K <sub>2</sub> O) . . . . .	0,50	0,63	0,67	0,60	0,48	0,53
Известь (CaO) . . . . .	0,40	0,21	0,33	0,18	0,45	0,44
Магnezия (MgO) . . . . .	0,11	0,14	0,18	0,09	—	—
Сера (SO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,06	0,07	0,15	0,08	—	—
Хлор (Cl) . . . . .	0,10	0,04	0,17	0,17	—	—
Кремневая кислота (SiO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,85	1,77	1,45	1,08	—	—
Окиси железа и алюминия (R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	0,05	0,11	0,24	0,07	—	—

веса навоза приводит к тому, что в нем при хранении относительно увеличивается содержание фосфора, калия и общего азота (табл. 48).

В процессе разложения азотистых соединений навоза образуется углекислый аммоний — (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Эта соль очень нестойкая и легко распадается с образованием углекислого газа и воды:



Вследствие этого возможны большие потери газообразного аммиака, т. е. ценнейшей части навозного удобрения.

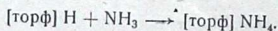
Сохранению аммиака способствует ряд условий, из которых немаловажная роль принадлежит количеству и качеству подстилочного материала. Чем больше берется подстилочного материала и чем выше его влагоемкость, тем меньше потери ам-

Изменение состава навоза при его хранении  
(в процентах)

Вещества, входящие в состав навоза	Навоз		Вещества, входящие в состав навоза	Навоз		
	свежий	после 5-месяч- ного хранения		свежий	после 5-месяч- ного хранения	
Вода . . . . .	72,00	68,00	В том числе:			
Органические вещества	24,50	17,50		белковый . . . . .	0,33	0,68
Азот общий . . . . .	0,52	0,73		аммиачный . . . . .	0,15	0,05
				Фосфор . . . . .	0,31	0,48
				Калий . . . . .	0,60	0,84

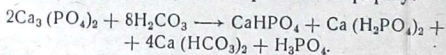
миака. На соломенной подстилке потери аммиака могут достигать 43,9%, а на торфяной — 25,2%.

При достаточном количестве влагоемкой подстилки азота в навозе всегда больше, так как в этом случае значительно уменьшаются потери аммиака за счет поглощения его торфом:

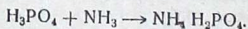


Сохранению аммиака в навозе способствует поддержание его во влажном состоянии и создание анаэробных условий, при которых идет образование органических кислот, способных удерживать аммиак в виде аммонийных солей. Из этого вытекает необходимость хранения навоза только в больших штабелях.

Потери азота при хранении навоза уменьшаются при добавлении к нему суперфосфата или фосфоритной муки, т. е. при компостировании навоза с фосфорными удобрениями. Особенно целесообразно использовать для этого фосфоритную муку. Фосфор в фосфоритной муке, как известно, находится в виде  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  — соединения, малодоступного для растений. Под влиянием угольной кислоты и органических кислот, образующихся при разложении навоза, фосфор фосфоритной муки превращается в более доступную для растений форму:



Таким образом, возникают соединения типа преципитата, суперфосфата и даже фосфорной кислоты. Одновременно происходит связывание фосфорной кислотой выделяющегося аммиака в фосфорно-аммонийные соли — аммофос:



Потери азота из навоза при его хранении без фосфоритной муки составляют около 20%, а при хранении в тех же условиях, но с фосфоритной мукой — только 2—3%. Таким образом, при хранении навоза с фосфоритной мукой потери азота из навоза уменьшаются в 8—10 раз. В итоге такого прибавления фосфорного удобрения к навозу удобрительная ценность навоза сильно возрастает (табл. 49).

Компостирование навоза с фосфоритной мукой позволяет продвинуть дальше на юг это фосфорное удобрение, которое является типичным удобрением кислых почв. Такой способ применения фосфоритной муки эффективен даже на черноземных и каштановых почвах.

Обычно рекомендуется добавлять к навозу 1% суперфосфата или 2% фосфоритной муки, но это очень ориентировочная рекомендация. Более правильно количество прибавляемого фосфорного удобрения рассчитывать по планируемой дозе навоза. Например, при планируемой дозе навоза 40 т на 1 га можно прибавлять 1% суперфосфата, так как это составит 4 ц удобрения на 1 га, что является вполне приемлемой дозой. При планировании же дозы навоза 80 т на 1 га следует ограничиться добавлением 0,5% суперфосфата, что также составит 4 ц на 1 га. Таким образом, вопрос о том, сколько следует прибавлять к навозу фосфорных удобрений, решают исходя из конкретных условий хозяйства.

Фосфорные удобрения можно добавлять к навозу во время его нахождения на скотных дворах или при укладке в штабеля в поле. Чем дольше будет взаимодействие фосфорных удобрений с навозом и чем лучше они перемешаны, тем выше эффект от этого приема.

Очень хорошо, помимо фосфорных удобрений, добавлять к навозу при его хранении и хлористый калий. При совместном добавлении фосфорных удобрений и хлористого калия потери аммиака еще более сокращаются. Хлористый калий добавляют в зависимости от дозы навоза и возделываемой культуры в количестве от 0,2 до 0,5%. Во всяком случае желательно, чтобы среднее количество окиси калия на 1 га составляло около 60 кг.

**Способы хранения навоза.** Существуют следующие способы хранения навоза: хранение под скотом, плотный, или холодный, рыхлый, или горячий, и рыхло-плотный, или горяче-прессованный.

Таблица 49

Эффективность компостирования навоза с фосфоритной мукой (урожайность в ц с 1 га)

Культуры	Навоз + фосфоритная мука	
	без компостирования	в виде компоста
Яровая пшеница . . .	15,5	16,7
Озимая рожь . . . . .	19,5	21,3
Многолетние травы	45,4	48,3

Способы хранения навоза связаны с особенностями укладки его в штабеля после удаления со скотных дворов.

Хранение под скотом. Вначале на скотном дворе и выгульных площадках делают толстую, на 20—25 см и больше, торфяную подстилку. Для этого можно использовать торфяные кирпичи, получающиеся в результате ручного способа заготовки торфа. Торфяными кирпичами устилают все помещение, а в промежутки и поверх них насыпают и утрамбовывают торфяную крошку. Для нижнего слоя торфяной подушки можно использовать и низинный торф, который сверху покрывают слоем подстилочного мохового торфа или соломой.

Затем, по мере загрязнения верхних слоев подстилки, ежедневно или через каждые 2—3 дня на эту подушку добавляют небольшие свежие порции подстилочного материала. Животные постепенно уплотняют навоз, равномерно смачивают. Таким образом, создаются условия анаэробного разложения органического вещества, и в результате навоз получается хорошего качества, с очень небольшими потерями аммиака.

Выгрузку навоза из скотного двора проводят всего 1—2 раза за зиму (из свинарников чаще), так как такая толстая торфяная подстилка может довольно долго впитывать все жидкие выделения животных. Убирают навоз обычно бульдозером и сразу вывозят на поле или укладывают в штабеля в зависимости от конкретных условий хозяйства. При таком хранении отпадает необходимость в постройке специальных навозохранилищ, что значительно сокращает расходы, но, конечно, такое хранение навоза можно осуществить лишь при достаточном количестве подстилочного материала.

Плотный, или холодный, способ хранения. Сущность этого способа состоит в том, что навоз укладывают в штабеля в поле или в навозохранилище слоями и обязательно уплотняют. Вначале укладывают первый слой навоза с таким расчетом, чтобы ширина его была 3—4 м, а высота — около 1 м (длина произвольная, в зависимости от количества навоза). Уложенный слой навоза немедленно уплотняют и на него кладут второй, который также уплотняют. Так поступают до тех пор, пока высота штабеля не достигнет 2—2,5 м. Сверху штабель покрывают слоем торфа или земли (10—15 см).

При таком способе хранения создаются анаэробные условия, температура не поднимается выше 35°С, в штабеле поддерживается довольно постоянное увлажнение и насыщенность углекислым газом, что препятствует дальнейшему распаду углекислого аммония и уменьшает потери азота. В конечном итоге через 3—4 месяца образуется полуперепревший навоз. Хорошо перепревший навоз при таком способе хранения можно получить через 7—8 месяцев со дня закладки штабеля. В настоящее время этот способ хранения считается наиболее приемлемым.

Рыхлый, или горячий, способ хранения. При этом способе хранения навоз также укладывают в аккуратные штабеля, но рыхло, без уплотнения. В таком штабеле очень интенсивно идут процессы разложения органического вещества. При этом имеют место большие потери азота и органического вещества.

Навоз после такого хранения представляет собой черную мажущуюся массу, в которой уже нельзя отличить остатков подстилочного материала. Фактически это перегной, или навоз-сыпец.

Объяснить, почему этот способ хранения, при котором происходят колоссальные потери питательных веществ, довольно долго господствовал в практике, можно тем, что когда сравнивали эффективность навоза различного способа хранения, поступали следующим образом: брали 1 т полуперепревшего навоза и сравнивали его действие с действием 1 т перегноя, который, как правило, показывал лучший эффект. Между тем, еще в начале прошлого века было доказано, что 1 т перегноя может быть получена из 4 т свежего навоза, в то же время в действительности 1 т перегноя не может заменить 4 т навоза по своему действию на урожай.

Для проверки этого положения был поставлен специальный опыт с картофелем. Сущность опыта состояла в следующем. Брали 2 порции (по 40 т каждая) свежего однородного навоза. Одну порцию хранили плотным, а другую — рыхлым способом. Затем то, что осталось после хранения, внесли на 2 участка (по 1 га каждый), на которых выращивали картофель. Результаты опыта показали, что на участке, где было внесено 40 т навоза плотного способа хранения, урожай клубней оказался на 41 ц выше.

Полученные результаты говорят о преимуществе плотного способа хранения навоза, при котором теряется значительно меньше элементов питания. Потери азота при рыхлом способе хранения составляли 30%, а при плотном только — 1,3%.

Рыхло-плотный, или горяче-прессованный, способ хранения. Сущность этого способа хранения состоит в том, что навоз укладывают в штабеля вначале без уплотнения. На 3—5-й день, когда температура в навозе достигает 50—60°С, его сильно уплотняют. Затем укладывают рыхло, с последующим уплотнением второй слой и т. д.

Процессы разложения органического вещества при таком способе хранения идут быстрее, чем при холодном; уже через 1,5—2 месяца можно получить полуперепревший навоз, а через 4—5 месяцев — перегной. Но потери питательных веществ, конечно, при этом способе значительно больше, чем при плотном хранении. Такой способ хранения может иметь место в том случае, если ветеринарным врачом устанавливается необходимость обеззараживания навоза высокими температурами, или

в том случае, если надо в короткий срок получить перегной, или при наличии в хозяйстве очень соломистого навоза. Но применять такой способ хранения навоза в обычных условиях не следует.

*Хранение навоза в навозохранилищах.* Для повышения качества навоза его лучше всего хранить в специальных навозохранилищах. Устраивают навозохранилища на расстоянии не менее 50 м от скотного двора и свыше 200 м от жилых помещений. Имеются 2 основных типа навозохранилищ — котлованный и надземный. В северных районах при высоком стоянии грунтовых вод целесообразнее строить надземные навозохранилища, а в засушливых районах, где есть опасность пересыхания навоза на открытых площадках, лучше делать навозохранилища котлованного типа.

Котлованное навозохранилище представляет собой углубление 0,5—1 м, с непроницаемыми (глинобитными или бетонированными) стенами и дном. Котлован у внешней стороны бортов хранилища имеет канавы для отвода дождевых и снеговых вод. По центру вдоль котлована оставляют проезд для транспорта. По сторонам навозохранилища устраивают колодцы — жижеборники. Дно и стенки этих колодцев делают водонепроницаемыми, глубина колодца не должна превышать 1—1,5 м. Размер жижеборника зависит от размера навозохранилища: на 100 м<sup>2</sup> хранилища должно приходиться около 2 м<sup>3</sup> колодца.

Для обеспечения стока жижи в колодец дно навозохранилища должно иметь уклон 2—3 см на 1 м в направлении к колодцу. Колодец снабжается одной или двумя плотными крышками, которые предохраняют навозную жижу от потерь аммиака. Если навозохранилище не оборудовано жижеборниками, то на дно его для поглощения стекающей жидкости следует укладывать торф толщиной 30—50 см. Над навозохранилищем желательно устраивать навес или крышу.

Котлованное навозохранилище имеет ряд недостатков. Оно неудобно для проведения механизированной выгрузки навоза. Кроме того, въезд в навозохранилище и выезд из него необходимо всегда делать с твердым покрытием из камня или цемента. В хозяйствах это требование часто не выполняется, и поэтому весной навоз из такого хранилища брать очень трудно, а порой невозможно. Если на юге этот тип навозохранилища достаточно хорош, то в северных районах предпочтительно строить надземные навозохранилища. Они дешевле и удобнее в эксплуатации.

Надземное навозохранилище устраивают на ровной возвышенной площадке, которую окапывают вдоль длинных сторон водоотводными канавами. Желательно возведение невысоких бортов (стенок) из камня, кирпича или другого материала.

Выкладку навоза производят вдоль длинных стенок тесно прилегающими один к другому штабелями, а посередине оставляют проезд для транспорта. Штабеля навоза укладывают на



толстую, около 50 см, торфяную подушку для поглощения навозной жижи, а сверху покрывают слоем торфа или земли.

Площадь навозохранилища зависит от вида животных и их количества, а также от принятого порядка вывозки навоза. Для примерного расчета необходимой площади навозохранилища можно пользоваться данными табл. 50.

Таблица 50

Площадь навозохранилища в зависимости от вида животных и количества вывозок навоза при высоте его укладки 1,5—2 м

Количество вывозок навоза за зимний период	Площадь навозохранилища на голову (м <sup>2</sup> )				
	крупного рогатого скота	лошадей	молодняка крупного рогатого скота и лошадей до 2-летнего возраста	свиней	овец и коз
1	5,0	4,0	3,0	1,5	0,5
2	2,0	1,5	1,25	0,6	0,2

**Хранение жидкого навоза.** По рекомендациям Центрального научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства нечерноземной зоны СССР, жидкий навоз следует хранить в прифермских и полевых хранилищах. Емкость прифермского хранилища закрытого или открытого типа составляет 25—40% от объема навоза, накопленного зимой. Полевые навозохранилища обычно представляют собой открытые котлованы емкостью 60—75% от зимнего выхода навоза. Перед внесением в почву жидкий навоз в хранилищах хорошо перемешивают.

Вносить полужидкий навоз в почву на определенную глубину можно машинами, применяемыми для заделки навозной жижи.

**Метановое брожение навоза как способ сохранения в нем питательных веществ.** Метановое брожение навоза и навозной жижи осуществляется в специальных герметических камерах, без доступа воздуха, при нейтральной реакции среды и постоянной температуре не менее 30° С.

Этот способ устраняет потери органического вещества и азота и, кроме того, обеспечивает попутное получение горючего газа — метана (СН<sub>4</sub>), который может быть использован как топливо для любых целей (для отопления помещений, для двигателей внутреннего сгорания).

Навоз со скотного двора и свиноферм сначала подается элеваторными транспортерами в смеситель, где одновременно происходит и его измельчение, а затем в специальные биокамеры. Выделившийся в процессе анаэробного брожения горючий газ отводится на хранение в особо построенный приемник — газ-

гольдер, а затем на птицеферму для запарки кормов, в сушилки фруктов, на кухню столовой для приготовления пищи и отопления. Перебродивший навоз сбрасывается в бетонный котлован. Навоз этот при подсыхании представляет собой однородную рассыпчатую массу, лишен живых семян сорных растений и носителей глистных заболеваний, обогащен азотом и очень удобен для посева. Затраты на постройку сооружений для метанового брожения навоза полностью окупаются в несколько лет.

Лучше всего метановое брожение протекает при температуре 32° С, поэтому такой способ может иметь значение в южных районах с мягкой зимой, где легче поддерживать нужную температуру.

**Определение количества навоза.** Для определения фактического количества навоза в навозохранилище или штабелях объем штабеля (в м<sup>3</sup>) умножают на вес 1 м<sup>3</sup> навоза. В зависимости от степени разложения навоза объемный вес его неодинаков. Можно пользоваться примерно такими данными:

Навоз	
Свежий:	Вес 1 м <sup>3</sup> (кг)
рыхлосложенный . . . . .	300
уплотненный . . . . .	400
Полуперепревший (после 3—4 месяцев хранения) . . . . .	700—800
Сильно разложившийся . . . . .	800—900
Жидкий . . . . .	Около 1000

При планировании выхода навоза считают, что примерно половина сухого вещества корма переваривается животными, а вторая переходит в навоз. В навоз переходит также все сухое вещество подстилки. Так как в свежем навозе содержится 1/4 сухого вещества и 3/4 воды, то общее количество навоза в 4 раза больше половины сухого вещества корма, сложенного с сухой подстилкой. Таким образом:

$$H = \left( \frac{K}{2} + П \right) \cdot 4,$$

где: *H* — количество навоза;  
*K* — количество сухого вещества корма;  
*П* — количество подстилки.

Значительно удобнее пользоваться при расчетах примерными нормами выхода навоза. Например, принято считать, что при длине стойлового периода 220—240 дней при соломенной подстилке можно получить в год: от 1 головы крупного рогатого скота — 9—10 т навоза, от 1 лошади — 7—8 т, от 1 взрослой свињи — 2,25 т, от 1 взрослой овцы — 1 т навоза.

После установления общего количества свежего навоза вносится поправка на степень его разложения, при этом считается,

что количество полуперепревшего навоза составляет 70—80%, перепревшего — 50% и перегноя — 25% от свежего навоза.

Конечно, при таких расчетах надо иметь в виду, что количество получаемого навоза зависит не только от вида животного, но и от количества подстилочного материала, длины стойлового периода, от условий хранения навоза и т. д.

**Внесение навоза.** В целях сохранения удобрительной ценности навоза и получения высокой эффективности большое значение имеет его своевременная заделка в почву. При вывозке навоза нельзя оставлять его долго лежать в небольших кучах. Продолжительное лежание навоза в мелких кучах ведет к потерям азота в газообразной форме и выщелачиванию питательных веществ дождями, что приводит к неравномерной удобренности поля. Зимой эти кучи промерзают, и навоз в них совсем не разлагается, а весной они быстро просыхают, вследствие чего навоз получается низкого качества.

Навоз при вывозке в поле зимой следует укладывать в плотные большие штабеля с подстилкой и крышкой из торфа. Навоза в штабеле должно быть не менее 20 т. При хорошо организованном машинном способе внесения в штабеле может быть до 100 т навоза.

Навоз запахивают чаще всего на глубину всего пахотного слоя. Особенно важна глубокая заделка навоза в районах недостаточного увлажнения, где при мелкой заделке навоз может остаться в верхнем, сухом, слое не использованным растениями.

В нечерноземной полосе приходится считаться с тем, что при глубокой заделке на тяжелых глинистых почвах разложение навоза может быть замедленным. Поэтому обычно рекомендуются на легких почвах запахивать навоз глубже, а на тяжелых — несколько мельче. Этим обеспечивается более интенсивное его разложение. При углублении пахотного слоя даже на тяжелых почвах бывает целесообразна глубокая заделка навоза, так как в этом случае органическое вещество будет иметь большее значение для улучшения физико-химических свойств более глубоких слоев почвы.

В южных областях СССР с малым количеством атмосферных осадков, где исключается сильное вымывание продуктов разложения навоза, внесение его производится в осеннее время под зяблевую вспашку. Это связано также с тем, что в целях сохранения влаги, как правило, весенняя вспашка полей в южных и юго-восточных районах СССР заменяется культивацией. В северных районах с большим количеством атмосферных осадков, на легких песчаных и супесчаных почвах внесение навоза предпочтительно производить в весеннее время. На глинистых и тяжелосуглинистых почвах и под ранние культуры вполне допустимо осеннее внесение навоза.

В северных районах в первую очередь используют навоз под овощные (огурцы, капусту и пр.), пропашные (картофель), ози-

мые культуры, плодовые и ягодные насаждения; в южных районах — под сахарную свеклу, хлопчатник, озимые, овощные и плодовые культуры.

**Дозы навоза.** Обычно дозы определяются возможностями хозяйства. Как правило, чем выше дозы навоза, тем выше урожайность (табл. 51).

Таблица 51

Дозы навоза и урожайность сельскохозяйственных культур

Культуры	Урожайность (ц/га) при дозах навоза (т/га)		
	18	36	60
Озимая рожь:			
в Горьковской области . . .	21,2	23,7	—
в Харьковской области . . .	21,5	23,4	—
Картофель (в Московской области) . . . . .	225,0	264,0	—
Конопля, соломка (в Черниговской области) . . . . .	38,0	41,7	46,6
Капуста (в нечерноземной полосе) . . . . .	—	336,0 *	382,0
Огурцы (в нечерноземной полосе) . . . . .	—	150,0 *	170,0

\* Доза навоза 30 т на 1 га.

На дерново-подзолистых почвах навоз вносят в количестве 15—20 т на 1 га под озимые культуры, 20—30 т под картофель и 30—60 т на 1 га под кормовые корнеплоды, силосные и овощные культуры. При местном (в лунки и гнезда) внесении хорошо разложившегося навоза берется от 6 до 12 т на 1 га.

На черноземных почвах под озимые зерновые доза навоза составляет 15 т, а под сахарную свеклу и другие требовательные культуры — 20—30 т на 1 га.

В засушливой зоне на каштановых почвах обычно ограничиваются 12—15 т навоза на 1 га. Из-за недостатка влаги более высокие дозы здесь нередко плохо используются растениями. Однако на встречающихся в зоне степей пятнах солонцов необходимо вносить повышенные дозы навоза, который значительно улучшает их физические свойства.

В зарубежных странах, особенно в странах с развитым животноводством, дозы навоза чаще всего колеблются от 20 до 40 т на 1 га, хотя разовые внесения достигают 80 т на 1 га.

**Доступность растениям питательных веществ навоза и применение его с минеральными удобрениями.** Степень доступ-

ности растениям содержащихся в навозе элементов питания неодинакова. В первый год из внесенного в почву навоза растениями используются 20—30% N, 50—55%  $P_2O_5$  и 62—80%  $K_2O$ .

При внесении дозы навоза в 40 т на 1 га общее количество элементов питания в среднем составляет: N—200 кг,  $P_2O_5$ —100 и  $K_2O$ —240 кг. Однако максимальное количество питательных веществ, рассчитанное по приведенным выше коэффициентам доступности их растениям, значительно ниже, а именно: N—60 кг,  $P_2O_5$ —55 и  $K_2O$ —192 кг.

Оценка степени обеспеченности растений элементами питания за счет навоза зависит от особенностей почв и требований отдельных культур. Так как в большинстве почв содержание калия довольно значительно, а многие культуры требуют фосфора относительно меньше, чем азота, то естественно, что для большинства условий и растений в навозе не хватает азота.

Даже картофель, характеризующийся высоким потреблением калия, хорошо реагирует на внесение азотных минеральных удобрений. Так, в опыте на Центральной опытной станции ВИУА при урожае клубней без удобрений 214 ц с 1 га от внесения удобрений были получены следующие прибавки: при внесении 20 т навоза—67 ц, 20 т навоза +N—87 ц, 20 т навоза +NP—89 ц и 20 т навоза +NPK—93 ц с 1 га.

На сахарной свекле нередко в первую очередь проявляется необходимость добавки к навозу калийных минеральных удобрений. Так, например, на фоне навоза (20 т на 1 га) были получены следующие прибавки урожая корнеплодов: от N—21 ц, NP—30 ц и NPK—66 ц с 1 га.

Совместное применение органических и минеральных удобрений позволяет не только добиться высокого урожая, но и сократить расходы удобрений примерно в 2 раза. По четырехлетним данным Института физиологии и агрохимии АН УССР, на слабоподзолистой супесчаной почве от раздельного применения полного минерального удобрения ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) и навоза в дозе 20 т на 1 га прибавка урожая сахарной свеклы не превышала 78 ц с 1 га. От совместного применения тех же удобрений в половинных дозах (навоза 10 т на 1 га +  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) прибавка урожая возросла до 125,9 ц с 1 га, т. е. на 62%.

В опытах ВИУА в Московской области на среднеподзолистой суглинистой почве в среднем за 3 года урожайность зеленой массы кукурузы при раздельном внесении 30 т навоза на 1 га на одном участке и минеральных удобрений ( $N_{120}P_{90}K_{120}$ ) на другом в сумме составляла 653,9 ц. При внесении тех же удобрений в половинных дозах, но совместно суммарная урожайность с обоих участков была равна 733 ц, т. е. повышалась на 79,1 ц.

Особенно эффективно во всех почвенно-климатических зонах совместное применение органических и минеральных удобрений при выращивании овощных культур.

Совместное применение органических и минеральных удобрений не означает необходимость их обязательного смешивания перед внесением в почву. Органические и минеральные удобрения под определенную культуру могут быть внесены в разные сроки и различными способами, без нарушения принципа совместности. Так, например, внесение в нечерноземной полосе навоза и фосфорно-калийных удобрений осенью под зяблевую вспашку, а азотных удобрений весной перед культивацией поля тоже рассматривается как совместное применение удобрений.

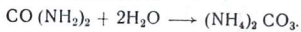
### НАВОЗНАЯ ЖИЖА

Обычно не вся жидкая часть выделений животных удерживается подстилкой, часть жидкости смешивается с водой, применяемой для мойки животноводческих помещений, стекает из навозохранилища или скотного двора, образуя навозную жижу.

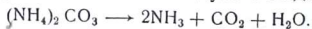
Навозная жижа — это жидкое быстродействующее азотно-калийное удобрение. В ней содержится в среднем 0,22% N, 0,01% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 0,46% K<sub>2</sub>O. В целях накопления навозной жижи в конюшнях и на скотных дворах необходимо устраивать специальные желоба, по которым жидкие выделения животных отводятся в жижесборник. Жижесборником обычно служит колодец глубиной 1—1,5 м, стенки которого делаются из непроницаемого для жидкости и не вступающего с ней в реакцию материала.

Характерной особенностью навозной жижи является то, что все элементы питания в ней находятся в растворимой форме, поэтому навозная жижа — удобрение быстродействующее.

С мочой животных азот выделяется в виде мочевины. Мочевина быстро подвергается аммонификации, в результате чего образуется углекислый аммоний:

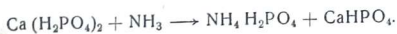


Так как этот процесс идет очень быстро, то главная масса азота в навозной жиже находится в виде углекислого аммония, который быстро распадается на воздухе с выделением аммиака:



Поэтому главное правило хранения навозной жижи состоит в том, чтобы по возможности уменьшать процесс разложения углекислого аммония. Для предохранения жижи от потерь азота жижесборник следует покрывать двумя плотными крышками. С этой же целью жижу в сборнике можно покрывать слоем нефти или отработанного масла из расчета 2—3 л на 1 м<sup>2</sup> сборника. Можно уменьшать потери азота из навозной жижи, засыпая жижестоки на скотных дворах торфом. По мере насыщения торфа жижей его убирают и складывают в навозохранилище, в компостные кучи. Если к торфу добавить еще суперфосфат

или фосфоритную муку, то потери азота значительно уменьшатся за счет образования устойчивых против разложения солей, например:



Фосфорные удобрения рекомендуется добавлять непосредственно в жижеборник.

Насколько велики потери азота из навозной жижи, видно из приведенных ниже данных. За 2 месяца хранения потери азота составили (в процентах от исходного содержания):

В жижеборнике:	
открытом . . . . .	52,9
закрытом . . . . .	38,7
При компостировании с торфом:	
низинным . . . . .	25,2
верховым . . . . .	19,0

Навозная жижа используется для приготовления жижеторфяных компостов, поливки пересыхающих навозных куч, а весной и летом — в качестве прямого, очень ценного удобрения.

При внесении до посева сельскохозяйственных культур навозную жижу берут в количестве 15—20 т на 1 га, а для подкормок — в нормах 5—10 т на 1 га с разбавлением водой в 2—4 раза.

Применять навозную жижу можно под любые культуры, особенно под капусту и корнеплоды. Обязательным условием применения навозной жижи является немедленная ее заплата или рыхление почвы после ее внесения.

Следует помнить, что навозная жижа содержит очень мало фосфора, поэтому для получения хорошего урожая одновременно производится добавление суперфосфата в количестве 2—2,5 ц на 1 га.

#### Вопросы для самопроверки

1. Какие особенности имеют органические удобрения по сравнению с минеральными?
2. Роль навоза в улучшении физико-химических и биологических свойств почвы.
3. Состав навоза.
4. Какие изменения происходят в составе навоза при его хранении?
5. Способы хранения навоза.
6. Устройство навозохранилищ.
7. В чем состоят особенности применения навоза (дозы, время и способы внесения) в северных и южных районах СССР?
8. Доступность растениям содержащихся в навозе азота, фосфора и калия.
9. Состав навозной жижи.
10. Как можно уменьшить потери азота при хранении навозной жижи?
11. Способы и дозы применения навозной жижи.

## ПТИЧИЙ ПОМЕТ

Помет гусей, кур, уток, голубей и других птиц представляет собой богатое и сильнодействующее удобрение. Наиболее ценным является помет голубей и кур. Помет водоплавающей птицы (гусей, уток) содержит больше воды и меньше питательных веществ (табл. 52).

Таблица 52

**Состав помета разных птиц**  
(в процентах на сырое вещество)

Птицы	Состав помета		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Куры . . . . .	0,7—1,9	1,5—2,0	0,80—1,00
Голуби . . . . .	1,2—2,4	1,7—2,2	1,00—2,20
Гуси . . . . .	0,6	0,5	1,1
Утки . . . . .	0,8	1,5	0,4

Если хорошо организовать сбор птичьего помета, то в год можно собрать от каждого гуся 11—12 кг, от утки—8—9 и от курицы—5—6 кг. Поэтому для хозяйств, имеющих птицеводческие фермы, это хороший источник удобрений.

Азотистые вещества, содержащиеся в птичьем помете, легко разлагаются с выделением аммиака, в связи с чем при плохом хранении помет теряет много азота.

Качество помета сохраняется лучше всего при хранении его в сухом помещении, с добавлением 25—50% торфяного порошка. Вносить птичий помет можно под любые культуры из расчета 1—2 т под зерновые и 2—4 т на 1 га под овощные и картофель. При местном внесении под рассадные овощные культуры или под картофель помет вносят в лунки, по 20—30 г в каждую. Для подкормки в сухом виде помет берется в количестве 0,5—1 т на 1 га. Подкормку птичьим пометом в жидком виде лучше производить после дождя или поливки водой; помет для такой подкормки следует растворить в 8—10 частях (по объему) воды.

С этой целью кадку или другую тару за сутки до употребления заполняют на  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  объема птичьим пометом и заливают водой. Смесь периодически хорошо размешивают. Перед поливкой смесь еще раз разбавляют водой в 2—3 раза. После подкормки проводят рыхление почвы.

Передовики сельского хозяйства широко применяют птичий помет для удобрения свеклы, льна, картофеля и других культур.



## ФЕКАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Фекалии — моча и кал человека и смешанные с ними другие нечистоты — содержат в среднем 1,1% N, 0,26%  $P_2O_5$  и 0,22%  $K_2O$ .

Хорошим способом их использования следует считать приготовление торфо-фекальных компостов (см. ниже). Кроме того, постепенной засыпкой выгребных ям размельченным сухим торфом или перемешиванием фекалий и торфа на специальных площадках можно приготовить торфо-фекальные смеси, которые по своему удобрительному действию не уступают навозу.

В чистом виде фекальные удобрения под зерновые культуры перед вспашкой или культивацией почвы вносят в количестве 10—12 т на 1 га, а под овощные культуры, кормовые корнеплоды и силосные культуры перед весенней перепашкой или культивацией почвы — по 15—25 т на 1 га. Обязательно равномерное распределение удобрения. Под табак и другие чувствительные к хлору растения фекальные удобрения вносят в уменьшенных дозах, так как количество хлора в фекальных массах достигает 0,54%. По санитарно-гигиеническим соображениям не следует применять фекалии под те культуры, которые употребляются в пищу в сыром виде (салат, редис, огурцы, морковь, репа, брюква и др.).

В больших городах удаление фекальной массы производится канализационной системой. Канализационные воды отводят на поля, которые называются полями орошения, или полями фильтрации. На этих полях выращивают злаковые кормовые травы, клубнеплоды, корнеплоды, капусту и другие культуры. При обогащении почв сточными водами растения обеспечиваются всеми питательными элементами, в результате чего получают высокие урожаи сельскохозяйственных культур даже на самых бедных почвах (например, урожайность капусты достигает 1000 ц с 1 га и более).

### ТОРФ, КОМПОСТЫ И ДРУГИЕ УДОБРЕНИЯ НА ТОРФЯНОЙ ОСНОВЕ

**Значение торфа в сельском хозяйстве.** Торфом называется смесь растительных остатков, образовавшаяся в результате отмирания и неполного распада преимущественно болотных растений. В зависимости от условий образования и характера растительности торфа разделяются на верховые, низинные и переходные.

Верховые, или моховые, торфа образуются при зарастании водоемов или заболачивании почв с мягкими (бедными кальцием) водами и при отсутствии достаточного притока питательных веществ для растений. Растительность верховых болот состоит обычно из сфагновых (белых) мхов, пушицы, багуль-

ника, клюквы, морошки, березы-стланца, болотной сосны. Верховые торфа отличаются высокой кислотностью, низкой зольностью, малым содержанием питательных веществ и очень высокой способностью поглощать и удерживать воду.

Низинные торфа, которые называют также луговыми, образуются в низинах, по берегам рек и при зарастании озер с жесткими водами (богатыми кальцием и другими солями), при достаточном притоке питательных веществ. В состав растительности низинных болот входят осоки, тростник, гипновые (зеленые) мхи, разнотравье и древесные породы — ольха, береза, ива. Низинные торфа имеют среднюю и слабую кислотность, иногда реакция приближается к нейтральной. Кроме того, они отличаются более высокой зольностью и большим содержанием элементов питания.

Переходные торфа по условиям образования, растительности и свойствам занимают промежуточное положение между верховыми и низинными (табл. 53). Торф широко используется в сельском хозяйстве для изготовления торфо-перегнойных горшочков и мульчирования посевов, для подстилки на скотных дворах, в качестве непосредственного удобрения, для приготовления компостов.

Таблица 53

Химическая характеристика торфа

Тип торфа	Зольность (процент)	Содержится (процент)				рН в солевой вытяжке	Гидролитическая кислотность (мг · экв на 100 г сухого вещества)	Емкость поглощения (мг · экв на 100 г сухого вещества)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO			
Верховой	Не более 5	0,8—1,2	0,06—0,12	Не более 0,1	Не более 0,5	2,8—3,5	117—178	120—200
Переходный	5—8	1,0—2,3	0,1—0,2	Около 0,1	0,5—2,5	3,5—4,7	—	—
Низинный	8—15	2,3—3,3	0,12—0,5	До 0,15, реже до 0,25	2,5—4,0	4,7—5,5	70—80	155—246

Торфо-перегнойные горшочки и питательные кубики широко используются в овощеводстве для выращивания рассады с дальнейшей пересадкой ее в грунт. При пересадке рассады в грунт часть растений погибает из-за повреждения корневой системы. Этого повреждения легко избежать, выращивая растения в торфо-перегнойных горшочках.

Для приготовления торфо-перегнойных горшочков используются различные материалы — торф, перегной, дерновая земля, коровяк, минеральные удобрения и пр. Торфа для этой цели

лучше использовать низинные, некислые, средней степени разложения (30—40%).

Мульчированием называется покрытие поверхности почвы торфом, соломой, навозом, опилками, листьями или бумагой. Самым дешевым и наиболее распространенным материалом для этой цели является торф.

Для мульчирования почвы торфом лучше всего применять слабокислые, хорошо разложившиеся торфа, хотя вполне допустимо использование и других видов торфа. Мульчирование оказывает влияние на содержание влаги в почве, ход суточной температуры, усиливает деятельность почвенных микроорганизмов, способствует накоплению легкорастворимых питательных веществ, предохраняет от образования корки и препятствует развитию сорняков. Все это приводит к значительному повышению урожайности как на удобренных, так и на неудобренных участках. Например, по данным Второвского торфяного опытного поля, урожайность томатов при мульчировании повышается на 45—145 ц с 1 га.

При мульчировании поверхность почвы покрывается слоем торфа в 1 см. Для этого требуется слаборазложившегося торфа с влажностью 50% 7 т, среднеразложившегося — 25 т и хорошо разложившегося — 50 т на 1 га. Для мульчирования удобно пользоваться навозоразбрасывателями. При вспашке почв под культуру следующего года торфяную мульчу запахивают, т. е. используют в качестве органического удобрения. Для ускорения разложения органического вещества в почве к торфяной мульче перед ее заправкой целесообразно добавить небольшое количество навоза, навозной жижи или других биологически активных материалов.

Для подстилки на скотных дворах наилучшим является сухой верховой (моховой) торф. Моховой торф хорошо поглощает и удерживает жидкие выделения животных и находящийся в помещении аммиак воздуха (100 частей подстилки удерживают 1000—1200 частей жидкости, а 1 кг подстилки — 25—40 г аммиака).

Лучшее действие торфяного навоза по сравнению с соломенным наблюдается не только в год его внесения, но и в последующие годы.

В качестве непосредственного удобрения лучше всего использовать хорошо разложившийся низинный торф. Торф свежей заготовки предварительно подвергается проветриванию, в результате которого окисляются вредные для растений закисные соединения, увеличивается количество доступных растений питательных веществ и устраняется избыточная влажность. Проветренный торф содержит около 60% влаги, т. е. влажность его близка к влажности обычного навоза. Такой торф в чистом виде обычно вносят в удвоенных дозах по сравнению с навозом, например на северо-западе нечернозем-

ной полосы по 60—80 т на 1 га. Увеличение норм связано с тем, что питательные вещества торфа к моменту его внесения в почву находятся в менее доступном для растений состоянии по сравнению с навозом. Однако и такое увеличение доз торфа обычно не дает больших прибавок урожая в силу того, что элементы питания находятся в труднодоступном для растений состоянии. Для большего разложения и взаимодействия с почвой торф вносят осенью под зяблевую вспашку или в весенне-летний период в паровое поле.

Торф вносят также совместно с навозом и минеральными удобрениями, а на кислых почвах — и с известью. Совместное применение торфа с другими удобрениями, как правило, эффективнее, чем раздельное.

Особенно важно использование торфа для приготовления компостов.

**Заготовка торфа.** Торф заготавливают поверхностно-последовательным способом. Сущность этого способа состоит в следующем. Вначале производят осушение торфяного болота. Затем удаляют пни, валуны и кустарник. Если слой дернины большой, то его либо срезают и вывозят на обочины поля для подготовки дерновой земли, либо чаще всего проводят глубокую вспашку с полным оборотом пласта. Пласт разделяют дисковой бороной или фрезой на глубину 8—18 см, превращая торф в крошку. Перед механической разделкой поверхностного слоя на участок вносят фосфоритную муку и хлористый калий, а также известь.

Превращенная в крошку поверхность торфа, перемешанная с удобрениями, просушивается при периодическом ее рыхлении. Подсушенный верхний слой сгребают (валкователями, скреперами, грейдерами и другой подручной техникой) в валки, а затем в штабеля на границу залежи. Затем так же обрабатывают следующий слой. Таким образом, за один год можно снять от 4 до 5 слоев торфа или заготовить не менее 1000 т торфяной крошки с 1 га.

После снятия наиболее волокнистой части торфа торфяные болота можно использовать для выращивания различных сельскохозяйственных культур или превращать в лугопастбищные угодья. Такой способ использования болот называют комплексным.

Иногда в хозяйствах проводится карьерно-экскаваторная заготовка торфа. При такой заготовке стоимость торфа возрастает, влажность его остается очень высокой и качество торфа снижается. Кроме того, использовать площади болот для выращивания сельскохозяйственных культур после карьерно-экскаваторной заготовки торфа практически не представляется возможным.

Торфяная крошка используется для приготовления различных компостов или органико-минеральных смесей.

**Компостирование (компосты).** Компостирование — это выдерживание смеси торфа с навозом или другими биологически активными органическими материалами в течение длительного времени в штабелях или кучах. При этом в компостных кучах и штабелях идут биологические процессы превращения органических веществ, в результате чего питательные вещества торфа из недоступных превращаются в доступные для растений.

Закладку компостов лучше проводить в летнее или осеннее время. Если же закладка компостов проводится зимой, то приходится принимать меры для создания в компостной куче повышенной температуры, так как в противном случае никаких биологических процессов в торфяной массе происходить не будет.

Для приготовления торфяных компостов могут быть использованы все виды торфа (верховой, переходный, низинный) и различные удобрения (навоз, навозная жижа, фекалии, зола, фосфоритная мука, известь и т. п.). Согласно ГОСТу 12101—66 для приготовления компостов следует использовать торф, имеющий следующие свойства: степень разложения — не менее 20%, зольность — не более 25%, содержание влаги — не более 60%, размер частиц торфа и древесных остатков — не более 60 мм, содержание древесных частиц — не более 10%.

По договоренности с потребителями допускается использование торфа зольностью до 35%, а при наличии в нем вивианита или карбонатов — до 40%. В зависимости от материалов, из которых готовятся компосты, они называются торфо-навозными, торфо-жижевыми, торфо-фекальными и т. д. Соотношение компостируемых материалов и способы компостирования многообразны.

Используются компосты так же, как и навоз, причем дозы хорошего торфо-жижевого и торфо-фекального компостов могут быть уменьшены по сравнению с навозом на 40—50%.

По данным торфо-опорного пункта Северо-Западного научно-исследовательского института сельского хозяйства, от внесения 40 т на 1 га навоза под озимую рожь была получена прибавка урожая зерна 9,8 ц с 1 га, а от того же количества торфо-навозного компоста — 11 ц с 1 га.

Внесение различных доз торфо-фекального компоста под картофель и турнепс на Алферовском опытном поле давало следующие урожаи (табл. 54).

Таким образом, торфяные

Таблица 54

Эффективность торфо-фекальных компостов  
(в ц на 1 га)

Удобрения	Картофель	Турнепс
Без удобрений . . . . .	132,7	594,3
Навоз (36 т/га) . . . . .	151,1	712,4
Торфо-фекальные компосты (т/га):		
9 . . . . .	188,0	783,6
18 . . . . .	212,7	856,0
27 . . . . .	226,7	898,0

компосты по эффективности не уступают действию навоза или значительно его превышают. Это указывает на необходимость широкого их использования в совхозах и колхозах.

*Торфо-навозные компосты.* Обычно для приготовления компоста выбирают ровную возвышенную площадку и покрывают слоем торфа в 20—30 см. Затем укладывают послойно торф с навозом. Слои торфа в 40—50 см чередуются со слоями навоза в 25—30 см. Штабель доводят до высоты 1,5—2 м при ширине 3 м и длине не менее 6 м. Это так называемый послойный способ закладки компоста.

При недостаточном количестве навоза или его низком качестве (например, холодный навоз) в зимнее время происходит промерзание кучи.

Значительно лучше очаговый способ закладки компоста. В этом случае в штабель торфа закладывают несколько очагов навоза по 1—3 м<sup>3</sup>. Если к этому навозу прибавлять хотя бы небольшое количество горячего навоза, то температура у очагов достигнет примерно 40°С и во всей компостной куче будут созданы благоприятные условия для биологических процессов. Такие компосты можно закладывать и зимой.

Очаговая укладка компостов может быть полностью механизирована. В этом случае площадку длиной 12—15 м и шириной 5—6 м засыпают слоем в 50—60 см низинного или переходного торфа. На торф самосвалом насыпают 8—10 куч навоза весом по 1 т, через каждые 1,5—2 м. В промежутки между кучами теми же самосвалами насыпают торф с таким расчетом, чтобы весь уложенный навоз был покрыт торфом. Штабель с боков подравнивают бульдозером. Высота штабеля 2—2,5 м. Поверхность штабеля тоже покрывают торфом. Закладка компостной кучи должна производиться по возможности в один день и в период оттепели. Очаговая укладка компоста рекомендуется для районов с холодной зимой. Перед вывозкой и внесением такого компоста в почву необходимо хотя бы один раз штабель перемешать бульдозером или смесителем.

В летнее время приготовление торфо-навозного компоста значительно упрощается. Для этого на удобряемое поле самосвалом подвозят торф, который укладывают в 2 ряда с расстоянием между ними около 5 м. Между рядами торфа помещают подвезенный позже навоз, затем бульдозером сдвигают 2 крайних ряда торфа на средний ряд навоза, а потом так же сдвигают с двух торцовых сторон. Образуется штабель торфа, в котором внутри находится навоз.

При укладке компостных куч в отличие от укладки чистого навоза уплотнения можно не делать. Рыхлая укладка способствует лучшему разогреванию и разложению органического вещества. Уплотнение при необходимости можно провести лишь после разогревания всей компостной кучи.

*Компосты из навоза и земли.* Иногда вместо торфа навоз компостируется с 25—30% земли. Эти компосты по своей удобрительной ценности уступают торфо-навозным компостам, и их применяют только в тех хозяйствах, где нет торфа.

Добавление земли к навозу имеет целью уменьшить потери азота в форме аммиака и устранить потери навозной жижи, которые могут быть очень большими при хранении навоза в чистом виде.

*Торфо-жижьевые и торфо-фекальные компосты.* При приготовлении этих удобрений соотношение компостируемых материалов может быть самым различным. Можно рекомендовать на 1 т низинного торфа 2—3 т навозной жижи или фекалий, а на 1 т мохового торфа от 3 до 5 г. Можно приготовить компосты и с меньшим количеством навозной жижи и фекалий.

Для приготовления компостов лучше брать торф с влажностью 50—55%. В этом случае их можно готовить и зимой. При более высокой влажности торфа компост промерзает и становится непригодным для весеннего внесения.

Закладку таких компостов можно провести следующим образом. В штабеле торфа сверху делают корытообразное углубление на 60—80 см и шириной около 1 м, которое заполняют прямо из шланга навозной жижей или фекалиями. После впитывания жидкости углубление засыпают слоем торфа.

По своей удобрительной ценности хорошо приготовленные торфо-навозные, торфо-жижьевые и торфо-фекальные компосты не уступают чистому навозу.

*Компостирование торфа на осушенных торфяниках.* Компостирование торфа непосредственно на осушенном торфянике вблизи удобряемых полей значительно сокращает расходы на приготовление удобрения и технически легко выполнимо. Этот прием состоит в том, что, помимо фосфоритной муки, калийных удобрений и извести, на осушенный торфяник под одну из культур вносят навоз, навозную жижу или фекалии. Все удобрения перемешивают с торфяной массой, влажность массы подсушкой доводят до 60%. Затем массу сгребают в валки и штабеля. Таким способом можно готовить все виды компостов: торфо-навозные, торфо-жижьевые, торфо-фекальные и др.

*Торфо-растительные компосты.* На осушенном торфянике производят высеv какого-либо бобового растения, которое в дальнейшем запахивают в торфяную массу. В этом случае получают так называемые торфо-растительные компосты. Техника закладки этих компостов может быть различна. Вот один из вариантов такой закладки.

На торфянике проводят осушение, удаляют пни, кустарник и валуны. Если торф кислый (рН около 4), то под вспашку вносят 2—4 т извести на 1 га. Затем на подготовленный таким

образом торфяник под культивацию вносят около 10 т фосфоритной муки, 1,5—2 ц суперфосфата и 2—3 ц хлористого калия на 1 га. Хорошее действие оказывает также внесение 0,5 т на 1 га бактериального удобрения АМБ.

Участок прикатывают тяжелым катком, после чего проводят высев бобовых растений, семена которых предварительно обрабатывают питрагином и раствором молибденового удобрения.

В период цветения растений прикатывают отросшую зеленую массу и дискуют ее с целью измельчения растений и перемешивания их с торфом. Иногда проводят предварительное подкашивание растений для использования их на корм скоту, а на удобрение запахивают только пожнивные и корневые остатки. В этом случае качество компоста несколько снижается.

Измельченную и перемешанную с торфом растительную массу собирают в валки высотой до 1 м и шириной около 2 м, в которых и выдерживают в течение 1—1,5 месяцев, после чего биологически активную массу собирают в штабеля, в которых она находится до вывозки в поле.

При снятии слой на глубину 12—15 см с 1 га получается около 700—750 т торфо-растительного компоста. На 1 га удобряемой площади вносят обычно 40—60 т компоста. Такой компост отличается высокой эффективностью и длительным последствием.

Торфо-растительные компосты недорогие (себестоимость 1 т компоста около 62 коп.) и поэтому вполне приемлемы как дополнительный источник удобрений, особенно в тех хозяйствах, где имеются торфяники со слабокислой или нейтральной реакцией.

**Торфо-минерально-аммиачные удобрения (ТМАУ).** Эти удобрения готовят из смеси торфяной крошки влажностью 50—60% с аммиачной водой, фосфорными и калийными удобрениями, а иногда и известью. Для производства ТМАУ берут торф со степенью разложения не ниже 20%, зольностью не выше 25% и содержанием кальция и железа не более 5%.

Производство ТМАУ в больших масштабах осуществляется промышленными торфопредприятиями и машинно-мелиоративными станциями.

Фосфорные и калийные удобрения вносят перед дискованием участка при заготовке торфа, а аммиачную воду — в штабеля торфа на глубину 0,6—0,8 м с последующим перемешиванием.

В настоящее время на ленинградских торфопредприятиях\* готовят ТМАУ как с малым содержанием элементов питания (обычные), так и с повышенным (концентрированные). На 1 т

---

\* На московских и украинских предприятиях технология приготовления удобрений и содержание элементов питания в них несколько иные.



торфяной крошки с влажностью 60% берут следующее количество минеральных удобрений (в кг):

	Обычные	Концентрированные
Аммиачная вода . . .	10—20	30—50
Фосфоритная мука . . .	10	30—45
Суперфосфат . . . . .	5	8—15
Хлористый калий . . .	5	20

С 1965 г. торфопредприятие «Назия» стало выпускать высококонцентрированные торфо-минерально-аммиачные удобрения заводского производства (ТМАУЗ). Примерный состав трех основных видов ТМАУ приводится в табл. 55.

Таблица 55

Химический состав основных видов ТМАУ

Виды и марки ТМАУ	Содержание (процент на абсолютно сухое вещество)		
	N (аммиачный)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
ТМАУ-1 (обычные) . . . . .	0,5	1,0	0,6
ТМАУ-4К (концентрированные) . . . . .	2,0	2,5	2,0
ТМАУЗ (заводские высококонцентрированные) . . . . .	5,4	5,4	8,6

Хранить ТМАУ надо, так же как и навоз, в больших штабелях, а при внесении немедленно заделывать. Использовать эти удобрения можно под все сельскохозяйственные культуры как вразброс под культивацию или мелкую вспашку, так и местно в рядки и лунки (табл. 56).

Таблица 56

Дозы ТМАУ под отдельные культуры при сплошном способе внесения (в т на 1 га)

ТМАУ	Сахарная свекла и кукуруза	Картофель	Капуста	Зерновые
Обычные . . . . .	30—40	15—20	30—40	8—10
Концентрированные . . .	8—12	6—8	10—12	—
Высококонцентрированные . . . . .	2—3	2—3	2—3	—

При местном способе внесения дозы ТМАУ должны быть значительно уменьшены (особенно концентрированных) — до 2—5 т на 1 га. Целесообразно помещать удобрения сбоку от лушки или рядка на расстоянии 8—12 см, так как свежеприготовленные удобрения (не более 2—3 месяцев) могут оказывать отрицательное действие на семена в связи с повышенной концентрацией аммиака.

Обычные ТМАУ с малым содержанием питательных веществ (но большем, чем в обычном навозе) вносят большими дозами при сплошном рассеве; они могут большим количеством органического вещества оказывать длительное положительное действие на физические свойства почв.

Высококонцентрированные заводские удобрения — ТМАУЗ — вносят местным способом по 2—3 т на 1 га; они не могут оказывать сильного действия на физические свойства почв, но при применении их резко сокращаются расходы на перевозки и внесение. Концентрированное удобрение ТМАУ-4К занимает по всем показателям промежуточное положение.

Эффективность ТМАУ, как правило, выше, чем эффективность минеральных удобрений, применяемых в эквивалентных количествах.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте торфяной промышленности в 1967 г. сделан (по 6-летним данным) расчет экономической эффективности удобрений; удобрения перевозились на расстояние 20 км, стоимость 1 т навоза (на торфяной подстилке) 3 р. 20 к. (табл. 57).

Таблица 57

Чистый доход от применения удобрений  
на картофеле и капусте  
(в рублях на 1 га)

Вариант удобрения	Картофель	Капуста
Обычные ТМАУ (30—40 т/га) . . .	386	2168
Концентрированные ТМАУ (8—10 т/га) . . . . .	561	2163
$N_{80}P_{80}K_{80} - N_{80}P_{80}K_{80}$ . . . . .	358	1820
Навоз (30—40 т/га) . . . . .	323	1856

При учете последствий удобрения экономической эффективностью ТМАУ по сравнению с минеральными удобрениями была еще более высокой.

Следует отметить, что при внесении под зерновые культуры различные ТМАУ (как и навоз) дают невысокий чистый доход (иногда применение их оказывается убыточным), но сбор зерна значительно повышается.

Нельзя путать ТМАУ с ТМУ, т. е. торфо-минеральными удобрениями, приготовляемыми торфопредприятиями и самими

хозяйствами без обработки торфа аммиачной водой. Эти удобрения, лишенные азота, практически не стандартизированы, весьма различны по составу и без одновременного внесения в почву азотных минеральных удобрений имеют в большинстве случаев низкую эффективность.

В зарубежных странах широко рекламируются торфяные удобрения «Гумоби» (Франция) и «Фольгумон» (Австрия).

Испытание зарубежных образцов, доставленных без нарушения двойной (полиэтиленовой и джутовой) упаковки (с расфасовкой по 50 кг), не обнаружило их преимуществ по сравнению с ТМАУ. Изучение эффективности различных видов ТМАУ в настоящее время продолжается.

**Смеси органических удобрений, с минеральными.** Смеси отличаются от компостов и ТМАУ тем, что готовятся непосредственно перед внесением в почву. Приготовление их основано на том общеизвестном факте, что совместное применение органических и минеральных удобрений является наилучшим приемом их использования, обеспечивающим наибольшее повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Это доказано многочисленными исследованиями научных учреждений и практикой применения удобрений в совхозах и колхозах.

В результате сочетания органических и минеральных удобрений наряду с улучшением физических свойств почв создаются благоприятные условия для развития микроорганизмов и превращения содержащихся в удобрениях элементов питания в доступные для растений формы.

Органические вещества, отличающиеся высокими буферными свойствами, устраняют или смягчают возможность отрицательного действия концентрации солей минеральных удобрений. Смягчается отрицательное действие кислотности, возникающей при взаимодействии с почвой физиологически кислых удобрений, и действие хлора калийных удобрений.

Почвенная микрофлора при внесении смеси одновременно обеспечивается энергетическим материалом и элементами питания, что приводит к активным процессам минерализации и обогащения почв азотом за счет процессов аммонификации, нитрификации и фиксации микробами атмосферного азота. При наличии органических веществ из калийных минеральных удобрений меньше переходит калия в так называемое необменное состояние, т. е. в малодоступную для растений форму.

Особенно важно совместное применение органических и фосфорнокислых минеральных удобрений, при котором фосфор минерального удобрения предохраняется перегнойными кислотами от быстрого перехода в почву в труднорастворимые соединения, а аммиачный азот органического удобрения — от потерь в газообразной форме. Эта взаимосвязь нашла свое отражение также в приготовлении торфо-фосфатных и навозно-фосфатных компостов.

В практике колхозов и совхозов приготавливаются и применяются самые разнообразные смеси органических и минеральных удобрений. Состав смесей определяется наличием тех или иных удобрений в хозяйстве и реальной возможностью выполнения этих работ с соблюдением ранее изложенных правил смешивания.

### ИЛ

Ил представляет собой органо-минеральный землистый осадок, образующийся на дне различных водоемов. Различные виды ила содержат от 6 до 30% и более разложившейся или полуразложившейся органической массы. Наиболее ценными являются озерные и прудовые илы, содержащие большое количество перегноя и отличающиеся более темным цветом. Различные виды ила характеризуются следующими показателями (табл. 58).

Таблица 58

Содержание азота, фосфора и калия в иле

Вид ила	Содержание (процент)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озерный . . .	1,8—2,5	0,27—0,33	Около 0,25
Прудовый . . .	0,3—1,0	0,26—0,60	0,13—0,44
Речной . . .	Около 1,0	Около 0,25	Около 0,7

В среднем можно считать, что ил и сапропель (пресноводный ил) при влажности 40% содержат около 1,4% N, 0,25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 0,23% K<sub>2</sub>O.

Проветренный ил можно вносить непосредственно в почву в количестве 40—60 т на 1 га и более. Проветривание ила обязательно, так как при этом не только удаляется излишняя влага, но и полностью окисляются вредные для растений закисные соединения. Лучшим способом использования ила является его компостирование с навозом или другими материалами или же совместное внесение его, даже без компостирования, с небольшими (8—10 т на 1 га) дозами навоза. Более сильное и быстрое действие ил оказывает на почвах легкого механического состава, где создаются лучшие условия для его разложения.

### ГОРОДСКОЙ МУСОР И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ

В расположении городов и промышленных предприятий накапливается большое количество различных отходов и отбросов, которые с успехом могут использоваться в качестве удобрений в расположенных поблизости хозяйствах. Так, например,

домовый мусор (кухонные отходы, помой, пыль, зола, бумага и пр.) содержит в среднем 0,54% N, 0,46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 0,43% K<sub>2</sub>O. Внесение в почву свежего или компостированного домашнего мусора, как показали специальные опыты, повышает урожай картофеля и других культур так же, как внесение торфа или торфяных компостов. Нередко домовый мусор используется в качестве биотоплива на парниках. После такого предварительного использования он превращается в однородную рассыпчатую массу, которую с успехом можно применять как органическое удобрение под любую сельскохозяйственную культуру.

Уличный смет несколько беднее элементами питания, чем домовый мусор, но также вполне пригоден для использования в качестве удобрения.

Если домовый мусор применяется без компостирования, то вносить его надо заблаговременно, с осени под зяблевую вспашку, в тех же дозах, что и навоз (20—60 т на 1 га). После компостирования или пропускания через парники доза может быть уменьшена до 15—20 т на 1 га и необходимость в заблаговременном применении отпадает.

Промышленные отходы по химическому составу крайне разнообразны (табл. 59).

Таблица 59

Состав разных промышленных отходов

Вид отходов	Содержание (процент)			Вид отходов	Содержание (процент)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Каньга (отход боен)	0,3	0,9	0,4	Табачная пыль (отход табачных фабрик)	2,4	0,4	3,0
Рыбные сырые отходы	2,5	2,0	—	Клещевинный шрот (отход маслобойной промышленности)	7,1	2,2	1,2
Мездра (отход кожевенной промышленности)	2,0	—	—	Отходы пивоваренной промышленности:			
Шерстяные отходы и шерстяная пыль (отходы шерстяных фабрик)	8,0	—	—	хмелевая дробина	0,76	0,15	—
Шелковичная куколка (отход шелковых фабрик)	12,1	2,3	—	отработанный суперфосфат	0,2	6,2	—

Правильное использование таких отходов имеет двойное значение: с одной стороны, преследуется цель повышения урожайности сельскохозяйственных культур, с другой — промышленное производство становится более экономичным и избавляется от необходимости специальных затрат на удаление и

обезвреживание накапливающихся на территории предприятий отходов.

В качестве удобрений эти отходы применяются главным образом как азотные, и только некоторые из них относительно богаты другими питательными веществами. Количество азота в них различно, и в зависимости от этого они представляют собой или транспортабельный продукт, или чаще всего имеют исключительно местное значение и применяются вблизи предприятий.

Азот в промышленных отходах находится главным образом в органически связанной форме и становится доступным растениям после предварительной минерализации, поэтому их нужно компостировать или, во всяком случае, вносить заблаговременно. Вопросы использования того или другого отхода промышленности в качестве удобрений должны решаться в каждом отдельном случае особо, в зависимости от вида отхода и конкретных условий хозяйства.

#### МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВНЕСЕНИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Для погрузки навоза, торфа, компостов и других органических удобрений применяются погрузчик-бульдозер ПБ-35, погрузчик-экскаватор ПЭ-08 (рис. 20), грейферный погрузчик ПГ-0,5Д и др.

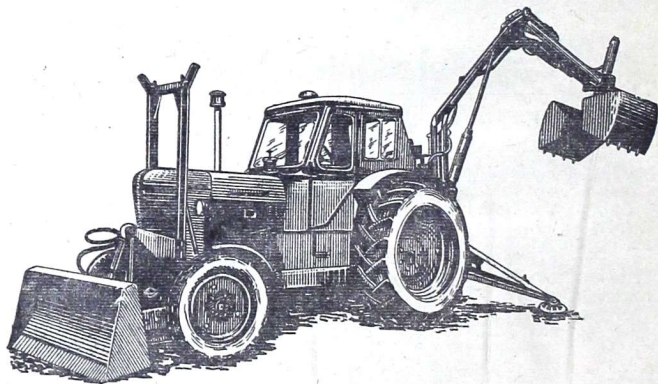


Рис. 20. Погрузчик-экскаватор ПЭ-0,8.

Для разбрасывания навоза, компостов, ТМАУ и других органических удобрений с 1971 г. рекомендованы к серийному

производству высокопроизводительные навозоразбрасыватели КСО-9 и РПН-4.

Разбрасыватель КСО-9, агрегируемый с трактором Т-150К, имеет производительность 2 га/час при норме внесения от 10 до 60 т на 1 га, ширину разбрасывания 8 м, грузоподъемность 9 т и рабочую скорость 10 км/час. Разбрасыватель РПН-4 (рис. 21) отличается низкоопускающимся кузовом, позволяющим его загружать непосредственно из самосвалов, что значительно повышает производительность, экономит труд и средства. При рабочей скорости 10 км/час, ширине разбрасывания 12 м и грузоподъемности 4 т РПН-4 при средней норме внесения 30 т на 1 га имеет производительность 6—7 га/час.

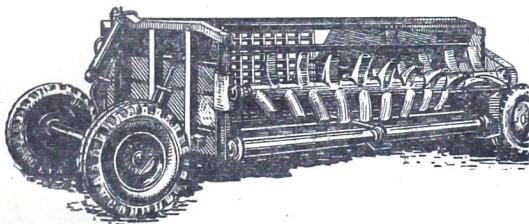


Рис. 21. Низкорамный разбрасыватель органических удобрений РПН-4.

Для разбрасывания органических удобрений можно использовать полуприцеп-разбрасыватель ППУ-4, разбрасыватель РНШ-4,0, РТО-4, РПУ-2А, ТУП-3А, ПРС-6М, разбрасыватель-валкователь роторного типа РУН-15А и др.

Для внесения жидких органических удобрений (навозной жижи, жидких канализационных фекальных масс и т. п.) используют тракторный прицепной жижезабрасыватель ЗЖВ-1,8 и автожижезабрасыватель АНЖ-2. Для приготовления, погрузки и внесения жидкого и полужидкого навоза уже разработан комплекс машин, в который входят погрузчики-измельчители ПНЖ-250 (с погруженным рабочим органом производительностью 200—250 т/час) и цистерны-разбрасыватели типа РЖТ грузоподъемностью 4,8, 14 и 16 т.

### ЗЕЛЕНое УДОБРЕНИЕ [СИДЕРАЦИЯ]

Под зеленым удобрением подразумевается зеленая масса растений — сидератов, запахиваемая в почву. Основная цель зеленого удобрения — обогащение почвы органическим веществом. Поэтому в хозяйствах, где ощущается резкий недостаток органических удобрений, он может быть частично устранен ра-

циональным использованием сидератов. Большое значение зеленое удобрение имеет для хозяйств со слабо развитым животноводством и для полей, удаленных от животноводческих ферм, куда затруднена вывозка навоза.

**Способы выращивания и использования сидератов.** Чаще всего применяют 4 способа: 1) самостоятельное, 2) промежуточное, или вставочное, 3) укосное и 4) отавное.

Самостоятельное — это такой способ выращивания и использования, при котором поле занимается сидератами почти на весь вегетационный период.

Промежуточным, или вставочным, называется способ выращивания и использования в том случае, когда сидераты занимают поле в промежуток времени между снятием одной культуры и посевом другой. Сидераты можно подсеять под покров какой-либо культуры; развиваются они в основном после снятия урожая покровной культуры; сидераты можно высевать и после уборки основной культуры.

При укосном выращивании сидераты высевают на особом поле, а скошенную зеленую массу перевозят на другие близко расположенные участки. Чаще всего это бывает при выращивании на зеленое удобрение многолетних бобовых культур, например многолетнего люпина.

Отавным зеленое удобрение называется в том случае, когда первый укос зеленой массы безалкалоидных бобовых растений используют на корм скоту, а отросшую отаву запахивают в почву в виде удобрения. При недостатке кормов в хозяйстве это наиболее желательная форма использования сидератов.

Применение зеленого удобрения оказывает положительное действие в различных почвенно-климатических зонах.

**Зеленое удобрение в нечерноземной полосе.** В качестве растений, выращиваемых на зеленое удобрение в нечерноземной полосе, могут применяться люпин, донник, сераделла, пелюшка и хмелевидная люцерна. Наибольшее распространение имеют люпины (рис. 22). Для запашки в почву в северных районах страны выращиваются как однолетние, так и многолетние виды люпина.

Почва при запашке люпина обогащается органическим веществом и получает азота не меньше, чем от хорошей нормы навоза. Кроме того, люпин разрыхляет почву мощной корневой системой и хорошо борется с сорняками. Он произрастает на всех почвах, кроме заболоченных, развивается отлично даже при внесении небольшого количества удобрений на песчаных почвах. Люпин в отличие от других бобовых хорошо растет на кислых почвах и, наоборот, плохо переносит известкование. На известкованных участках люпин плохо усваивает фосфор из труднорастворимых соединений. Поэтому при возделывании



люпина на известкованных почвах хорошие результаты дает внесение суперфосфата.

При возделывании сидератов семена их перед посевом обязательно нужно обработать нитрагином. Азотные удобрения обычно не вносят, так как бобовые сами способны накапливать азот атмосферного воздуха. Но к фосфорным и калийным удобрениям сидераты, как и все бобовые культуры, предъявляют высокие требования. Лучшими формами калийных удобрений являются сульфатные. Хорошим калийным удобрением может

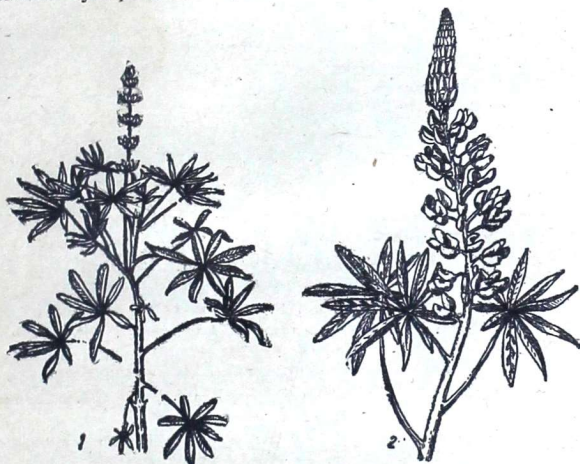


Рис. 22. Люпин.  
1 — желтый, 2 — многолетний.

быть печная зола. Внесение низкопроцентных калийных удобрений не рекомендуется, так как присутствующий в них в большом количестве хлор угнетает развитие клубеньковых бактерий.

Лучшей формой фосфорного удобрения является фосфоритная мука. При наличии в хозяйстве достаточного количества навоза его можно вносить в умеренных дозах (10 т на 1 га).

Посев узколистного однолетнего алкалоидного люпина производится обычно в паровом поле рядовой сеялкой. Семена заделывают на глубину 2—2,5 см. Норма высева семян 2 ц на 1 га. При пожнивной культуре люпина норму высева увеличивают до 2,5—3 ц на 1 га. Запашку люпина производят после цветения, лучше всего в фазе сизых бобов и не позже фазы блестящих бобов, так как переросший люпин грубеет

и плохо разлагается в почве. В паровом поле люпин запахивают по крайней мере за 2—3 недели до посева озимых. Если зеленая масса его очень обильная и высокая, то для удобства заправки ее предварительно прикатывают или продисковывают.

Однолетний желтый слабоалкалоидный люпин в основном используют на корм скоту, а на зеленое удобрение запахивают стволы и корневые остатки. Такое двойное использование желтого люпина представляет исключительно большой интерес для сельского хозяйства.

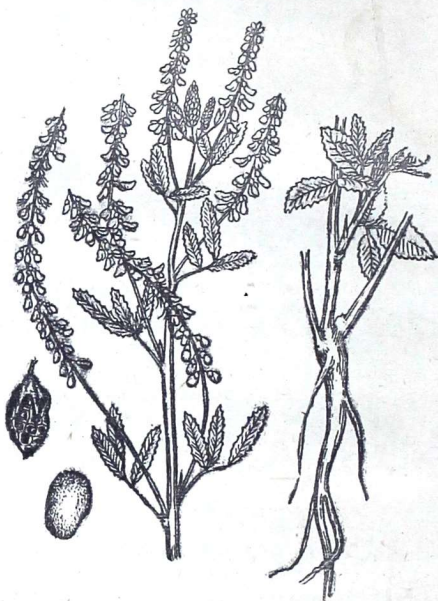


Рис. 23. Донник белый.

Желтый люпин более высокие урожаи дает на легких песчаных почвах, в то время как синий — на почвах суглинистых.

Многолетний люпин дает ежегодно 2—3 укоса, хорошо растет без подсева 7—8 лет и возделывается преимущественно на специальных запольных участках. Скошенную зеленую массу многолетнего люпина перевозят на другие поля, она может быть с успехом использована летом в паровом поле под озимые культуры, а осенью при зяблевой вспашке — под

яровые культуры. Норма высева семян многолетнего люпина 30—50 кг на 1 га.

На известкованных дерново-подзолистых и карбонатных почвах хорошо развивается донник белый (рис. 23). Подсевают донник под покров какой-либо зерновой культуры. На второй год жизни он дает большую зеленую массу, которую используют на корм скоту, а отаву запахивают в почву.

**Зеленое удобрение на орошаемых землях.** На орошаемых землях, например в районах Средней Азии, создаются весьма благоприятные условия для применения зеленого удобрения. Достаточная влажность почвы при высоких температурах воздуха способствует быстрому разложению органического вещества почв и вносимых удобрений. Орошаемые культуры — хлопчатник, рис и другие — высоко оплачивают затраты на зеленое удобрение.

В этих районах сидераты выращивают только в виде промежуточных культур, используемых на корм и удобрение.

Главными растениями, возделываемыми на зеленое удобрение в этих условиях, являются персидский клевер (шабдар), чина, зимующий горох и некоторые другие. В несколько более северных районах зимующий горох сменяется озимой викой.

Зеленое удобрение перспективно и на орошаемых землях Поволжья и Украины. В качестве пожнивных сидератов здесь выращивают горох, чину, инкарнатный и персидский клевер, кормовой люпин, горчицу, тригонеллу и другие растения.

**Зеленое удобрение во влажных субтропиках Закавказья.** В условиях влажных субтропиков Закавказья для подзимних и весенне-летних посевов на зеленое удобрение используются весьма разнообразные растения (люпин, горох, вика, клевер, соя, бобы, маш, однолетняя леспедеза и др.). При наличии гористого рельефа и большого количества атмосферных осадков зеленое удобрение имеет большое значение и как защитное средство против эрозии почв. В связи с большой кислотностью почв и их обогащенностью полуторными окислами в условиях влажного Закавказья для успешного возделывания растений на зеленое удобрение необходимо применение извести и повышенных доз фосфорных удобрений.

**Эффективность зеленого удобрения.** При правильной агротехнике люпин на песчаных почвах к моменту заделки дает урожай зеленой массы 30—40 т с 1 га, а на легкосуглинистых и суглинистых почвах — до 60—80 т с 1 га. Зеленая масса люпина содержит около 0,5% азота, т. е. примерно столько же, сколько и навоз. Следовательно, при заделке люпина в почву вносится от 150—200 до 300—400 кг азота, который в процессе разложения зеленого удобрения становится мощным источником азотного питания растений. Кроме того, корневые и пожнивные остатки люпина составляют более 2 т на 1 га.

По данным Новозыбковской опытной станции ВИУА, прибавка урожая зерна ржи от люпинового зеленого удобрения на почвах различного механического состава (по 36 опытам) была равна: на песчаных почвах — 4,2 ц, на супесчаных — 4,7 и на суглинистых — 7,7 ц с 1 га.

В Эстонской ССР урожайность донника составляет 20—30 т с 1 га, достигая в отдельных случаях 50 и даже 80 т с 1 га.

Использование первого укоса бобовых растений на корм, силос или сено, а отавы на зеленое удобрение является одним из самых перспективных приемов, заслуживающих широкого применения.

Практика применения зеленого удобрения колхозами и совхозами свидетельствует о том, что оно значительно повышает также урожай овощей, корнеплодов, картофеля, винограда, чая, плодовых и других культур.

### БАКТЕРИАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Почвенная микрофлора имеет большое значение в разложении органических веществ, растворении минеральных соединений, накоплении азота за счет фиксации его из почвенного воздуха и в других процессах, повышающих плодородие почв и урожайность растений. О большом значении почвенных микроорганизмов можно судить уже по одному тому, что они содержатся в огромном количестве. Так, например, вес микроорганизмов в 22-сантиметровом пахотном слое почвы на 1 га достигает 5 т и более.

Среди почвенных микробов особенно большое значение имеют микробы, способные фиксировать азот воздуха, и микробы, участвующие в разложении органических веществ. Препараты, содержащие различные виды живых микробов и спор, приспособленных к определенным условиям существования, которые при внесении в почву улучшают питание растений, называются бактериальными удобрениями. Наиболее распространенными бактериальными удобрениями являются нитрагин, азотобактерин, фосфобактерин, силикатные бактерии и АМБ.

#### НИТРАГИН

Нитрагин содержит клубеньковые бактерии *Bact. radicola* и применяется только для бобовых растений. Для разных групп бобовых культур выпускаются удобрения со специальными видами бактерий, так как они специфичны. Например, бактерии, которые образуют клубеньки на корнях фасоли или эспарцета, не могут хорошо развиваться на корнях бобов или клевера. По особенностям развития выделяются следующие группы бактерий: 1-я — для клевера; 2-я — для гороха, вики, чины, чечевицы, конских бобов; 3-я — для люцерны, донника, пажитника; 4-я — для люпина, сераделлы; 5-я —

для сои; 6-я — для фасоли; 7-я — для маша; 8-я — для арахиса и коровьего гороха; 9-я — для нута; 10-я — для эспарцета.

Особенно мало активных бактерий (способных образовывать клубеньки и фиксировать атмосферный азот) на тех участках, где бобовые растения возделываются впервые, и на болотных и кислых почвах. На кислых почвах даже внесенные клубеньковые бактерии быстро переходят в малоактивную форму. Поэтому обработка семян бобовых культур нитрагином в этих случаях обязательна (на кислых почвах — при каждом высеве бобовых). На хорошо окультуренных старопашотных почвах, на которых часто возделывают бобовые культуры, активных клубеньковых бактерий бывает достаточно, и здесь обработка семян нитрагином необязательна.

Нитрагин, как, впрочем, и все бактериальные удобрения, оказывает хорошее действие на почвах неокислых. На кислых почвах необходимо известкование.

Нитрагин выпускается в бутылках или банках емкостью 0,5 л, на их этикетках указаны название культуры, для которой предназначен данный препарат, способ его применения, срок годности и на какую площадь он рассчитан.

Обработку семян бактериальным удобрением надо производить в сарае или под навесом, а посев — вечером или в пасмурную погоду, так как солнечные лучи убивают бактерии.

Приставшие к семенам бобового растения клубеньковые бактерии переселяются затем на корни и через корневые волоски — в клетки корня, которые после этого начинают усиленно размножаться, разрастаться, в результате чего на корнях образуются утолщения, вздутия, получившие название клубеньков (рис. 24).

В том случае, когда необходимо провести протравливание и обработку нитрагином, семена сначала протравливают, затем хорошо проветривают, просушивают и только после этого обрабатывают нитрагином. В противном случае протравитель может убить клубеньковые бактерии.

Нитрагин можно вносить не с семенами, а с почвой, взятой с того же участка, где предполагается посев данной бобовой культуры. Перед тем как почву рассеять на участке, ее, пере-

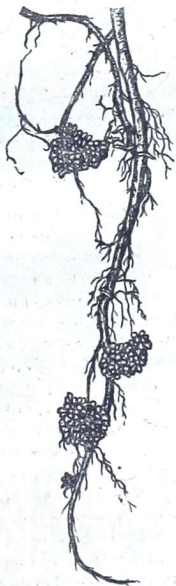


Рис. 24. Клубеньки с бактериями на корнях люцерны.

лопачивая, смешивают с нитрагином. Расход земли на 1 га составляет обычно около 4—5 ц.

В опытах ВИУА применение нитрагина на горохе дало в 89 случаях из 90 прибавку 0,5—5,2 ц зерна с 1 га; бактериализация люпина увеличила урожай зеленой массы на 20—30 ц, а зерна — на 3—8 ц с 1 га; урожай семян люцерны увеличился на 1,3 ц с 1 га. Кроме того, клубеньковые бактерии нитрагина, усваивая атмосферный азот, способствуют накоплению его в почве и тем самым положительно влияют на урожай последующих культур.

### АЗОТОБАКТЕРИН

Азотобактерин (азотоген) содержит культуру азотобактера (*Azotobacter chroococcum*) — микроорганизма, свободно живущего в почве и усваивающего атмосферный азот. Азотобактерин применяется при выращивании любых сельскохозяйственных культур.

Для использования в качестве удобрений изготавливается два вида азотобактерина: перегнойно-почвенный, или торфяной, и агаровый. В перегнойно-почвенном азотобактерине культура азотобактера сконцентрирована в богатой перегноем почве или некислом торфе, а в агаровом — в специальном плотном питательном студне — агаре.

Перегнойно-почвенный азотобактерин вносят под зерновые злаки, технические, кормовые и овощные культуры из расчета 3 кг, а под картофель — 6 кг на 1 га. Внесение азотобактерина производится с семенами или клубнями. Перед посевом или посадкой семенной материал предварительно смачивают водой, затем засыпают азотобактерином и тщательно перемешивают.

Агаровый азотобактерин для картофеля берут в количестве 2—3 бутылок, а для остальных культур — одной бутылки на 1 га. За день до посева или посадки в каждую бутылку наливают 100—200 мл воды и в течение суток взбалтывают не менее 5—6 раз. Перед обработкой посевного материала гектарную норму азотобактерина разбавляют водой для зерновых культур до 3—5 л, а для картофеля — до 15 л.

Азотобактерин эффективен на почвах, богатых органическим веществом, хорошо аэрируемых и имеющих нейтральную реакцию.

### ФОСФОРОБАКТЕРИН

Фосфоробактерин представляет собой препарат, содержащий бактерии типа *Bact. mesentericus*, которые обладают способностью освобождать (минерализовать) фосфор органических соединений. Изготавливают сухое и жидкое фосфоробактериальное удобрение.

Сухой фосфоробактерин содержит споры бактерий в смеси с каолином. На 1 га посева берут 250 г порошковидного фосфоробактерина. Для приведения бактерий в активное состояние гектарную норму препарата разводят в 2,5—3 л чистой теплой воды, взбалтывают и оставляют на 2—3 часа при комнатной температуре, периодически перемешивая. Этим количеством обрабатывают семена зерновых культур (180—200 кг). Разбавление исходного препарата для обработки семян других культур изменяется с таким расчетом, чтобы 250 г сухого препарата в растворенном виде были нанесены на гектарную норму семян.

Жидкого фосфоробактерина берут на 1 га 40 мл для картофеля и хлопчатника и 20 мл для обработки семян других культур. Приведение бактерий в активное состояние и все дальнейшие работы, связанные с обработкой посевного материала, производятся так же, как и с сухим фосфоробактерином.

#### ПРЕПАРАТ АМБ

Этот бактериальный препарат содержит микроорганизмы, разлагающие органические вещества с выделением аммиака и осуществляющие процесс нитрификации, разлагающие клетчатку, свободно фиксирующие азот, мобилизующие фосфорную кислоту, и ряд других важных микроорганизмов. Эта группа микробов (так называемая аутохтонная микрофлора Б) способствует питанию растений азотом и зольными элементами. Свое название (АМБ) препарат получил от начальных букв названия группы.

Препарат АМБ хозяйства получают в виде маточной культуры, которую за 1—1,5 месяца до посева размножают в торфе в самих хозяйствах. Для этого на 1 т хорошо разложившегося торфа берут 1 ц извести или фосфоритной муки и 1 кг маточной культуры АМБ.

После тщательного перемешивания и увлажнения смеси ее выдерживают на стеллажах в теплице, в парниках или в утепленных навозом буртах при температуре не ниже 20°С на протяжении 3—4 недель. За это время ее несколько раз перелопачивают и при необходимости увлажняют.

Приготовленное бактериальное удобрение можно вносить под предпосевную обработку почв из расчета 250—500 кг на 1 га под любые культуры.

Малоэффективно применение АМБ на богатых микроорганизмами перегнойно-карбонатных почвах и на истощенных, выпаханных, бедных органическим веществом подзолах.

#### ПРЕПАРАТЫ СИЛИКАТНЫХ БАКТЕРИЙ

Силикатные бактерии обладают способностью разрушать главную составную часть почвы — алюмосиликаты и переводить калий и другие зольные элементы в усвояемую для высших

растений форму. Фосфор силикатные бактерии могут брать из труднорастворимых минералов, а азот — из воздуха.

В качестве бактериального удобрения готовят сухой споровый и агаровый препараты силикатных бактерий. Применяются они для обработки семян различных сельскохозяйственных культур так же, как и другие бактериальные удобрения.

### Вопросы для самопроверки

1. Как хранится и используется в качестве удобрения птичий помет?
2. Как можно применять фекальные удобрения?
3. Расскажите об особенностях верхового, переходного и низинного торфа.
4. Как производится заготовка торфа на подстилку, удобрение и для приготовления компостов?
5. Что такое компостирование и как готовятся компосты на торфяной основе?
6. Расскажите о послонном и очаговом способах приготовления торфо-навозного компоста.
7. Какие бывают еще компосты?
8. Как применяются компосты?
9. Что такое ТМАУ и как оно готовится?
10. Чем отличаются смеси органических удобрений с минеральными от компостов?
11. Как использовать в качестве удобрений ил и промышленные отходы?
12. Что такое зеленое удобрение?
13. Способы выращивания и использования сидератов.
14. Использование люпина на зеленое удобрение.
15. Использование других растений на зеленое удобрение.
16. Какие удобрения называются бактериальными?
17. Нитрагин и его применение.
18. Особенности других бактериальных удобрений.

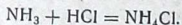
### ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

#### Определение аммиачного азота в навозе или компосте колориметрическим методом по И. П. Мамченкову

**Материалы и оборудование.** Образцы навоза, теххимические весы, фарфоровая чашка, колба на 250 мл с каучуковой пробкой, бюретки для титрованного раствора, качалка для встряхивания или ротатор, воронка и фильтры, мерные колбы емкостью 100 мл, колориметр.

**Реактивы.** 0,05-нормальный раствор соляной кислоты, 25%-ный раствор сегнетовой соли, реактив Несслера, образцовый раствор  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (0,7405 г химически чистого хлористого аммония растворяют в воде и доводят его до 1 л, 20 мл раствора в мерной колбе доводят дистиллированной водой до 1 л, последний — образцовый — раствор содержит в 1 мл 0,005 мг аммония или 0,00388 мг азота).

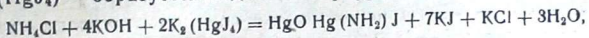
**Сущность метода.** Аммиак вытесняется из навоза и одновременно связывается раствором 0,05-нормальной соляной кислоты:



В полученной солянокислой вытяжке производится колориметрическое определение аммиака, основанное на том, что при взаимодействии солей аммония с реактивом Несслера, т. е. со



щелочным раствором иодистой ртутнокалиевой соли —  $K_2(HgJ_4)$  — образуется иодистый меркураммоний:



дающий желтую окраску раствора, тем более интенсивную, чем больше в растворе аммония.

**Ход работы.** 1. На теххимических весах в фарфоровую чашку взять навеску сырого навоза 5 г и перенести колбу на 250 мл с каучуковой пробкой.

2. Прибавить 100 мл 0,05-нормальной соляной кислоты и встряхивать на ротаторе в течение 30 минут.

3. Раствор после взбалтывания отфильтровать.

4. Взять 20 мл фильтрата в колбу емкостью 100 мл, довести дистиллированной водой до метки и хорошо перемешать.

5. Взять 10 мл фильтрата в мерную колбу на 100 мл, прибавить 4 мл 25%-ного раствора сегнетовой соли, чтобы исключить возможность выпадения осадков солей кальция и магния. Довести общий объем жидкости до 80—90 мл водой, перемешать и прилить 4 мл реактива Несслера. Колбу долить до черты и несколько раз встряхнуть.

6. Одновременно приготовить образцовую шкалу растворов из  $NH_4Cl$ .

7. В три мерные колбы по 100 мл взять 10, 20 и 25 мл образцового раствора.

8. Прodelать с ними то же самое, что и с испытуемыми (без добавления 4 мл сегнетовой соли).

9. Через 15 минут в колориметре сравнить образцовый раствор с испытуемым.

10. Произвести вычисления по формуле:

$$X = \frac{a \cdot v \cdot k \cdot 100}{l \cdot H},$$

где:  $X$  — содержание аммиачного азота в навозе (в процентах);

$a$  — титр образцового раствора;

$v$  — количество миллилитров образцового раствора, взятого для сравнения;

$k$  — высота (отсчет) образцового раствора;

$l$  — высота испытуемого раствора в колориметре;

$H$  — навеска навоза в граммах, отвечающая объему испытуемого раствора, взятого для анализа.

11. Данные анализа записать по следующей форме:

№ образца	Навеска навоза (г)	Пробитого 0,05-нормальной $NH_4Cl$ (мл)	Разбавление	Взято фильтрата на определение (мл)	Доведено до объема (мл)	Взято образцового раствора (мл)	Содержание $NH_4$ в 1 мл	Отсчеты на шкале колориметра			Содержание $NH_4$ в навозе (процент)
								1-й	2-й	среднее	

## Определение влажности торфа

**Материалы и оборудование.** Образец торфа, сушильные стаканчики (бюксы), теххимические весы, сушильный шкаф с терморегулятором, эксикатор.

**Сущность метода.** Влажность определяется высушиванием навески торфа до постоянного веса при температуре 105 °С.

**Ход работы.** 1. Взять навеску торфа в предварительно высушенный и взвешенный сушильный стаканчик. Навеска торфа должна занимать не более  $\frac{2}{3}$  объема стаканчика.

2. Взвешенный стаканчик с сырым материалом поместить в сушильный шкаф и высушивать (не менее 2 часов) с открытой крышкой.

3. После сушки стаканчик закрыть крышкой, перенести в эксикатор и охладить до комнатной температуры.

4. Стаканчик с торфом повторно высушивать до постоянного веса, т. е. до тех пор, пока расхождение между последним и предыдущим весом не будет превышать 0,01 г.

5. Влажность торфа (в процентах) вычислить по формуле:

$$W = \frac{(b - в) \cdot 100}{b - a},$$

где:  $a$  — вес пустого стаканчика (в граммах);

$b$  — вес стаканчика с сырым торфом (в граммах);

$в$  — вес стаканчика с сухим торфом (в граммах);

100 — коэффициент для пересчета в проценты.

## Определение зольности торфа

**Материалы и оборудование.** Образец торфа, теххимические весы, фарфоровый тигель, муфельная печь, эксикатор.

**Сущность метода.** Осторожным нагревом с доведением температуры до 800 °С сжигается все органическое вещество торфа.

**Ход работы.** 1. Навеску воздушно-сухого торфа (5 г) поместить в фарфоровый тигель, предварительно прокаленный и взвешенный. Торф должен занимать не более  $\frac{2}{3}$  объема тигля. Если ранее определения влажности не производились, то одновременно взять в сушильный стаканчик навеску торфа для определения влажности.

2. Открытый тигель с навеской торфа поставить на электрическую плитку или в холодную муфельную печь и постепенно нагревать до сгорания торфа.

3. После сгорания торфа золу прокалить в течение двух часов при температуре не выше 800 °С (светло-красное каление) до получения однородно окрашенной золы.

4. Слегка охлажденный тигель поставить в эксикатор для полного охлаждения, а затем взвесить тигель с золой и вновь

прокалить в течение одного часа. Так поступать до получения постоянного веса.

5. Зольность торфа (в процентах) вычислить по формуле:

$$X = \frac{(a - b) \cdot 100}{v},$$

где:  $a$  — вес тигля с золой (в граммах);

$b$  — вес пустого прокаленного тигля (в граммах);

$v$  — навеска абсолютно сухого торфа (в граммах);

100 — коэффициент для перевода в проценты.

### Определение кислотности торфа

**Материалы и оборудование.** Образец торфа, теххимические весы, стаканчик с крышкой или часовым стеклом, градуированная пипетка на 10 мл, шкала Алямовского.

**Реактивы.** 1-нормальный раствор KCl, 0,02%-ный раствор метилового красного (0,1 г метил-красного растирают в агатовой ступке с небольшим количеством этилового спирта и смывают его в мерную колбу на 500 мл также этиловым спиртом; всего для растворения навески следует налить 300 мл этилового спирта; для перевода индикатора в растворимую натриевую соль добавляют 7,4 мл точно 0,05-нормального раствора NaOH, доливают раствор дистиллированной водой до 500 мл и хорошо перемешивают), 0,04%-ный раствор бромтимолового синего (0,4 г бромтимолового синего растворяют в 208 мл этилового спирта, добавляют 12,8 мл точно 0,05-нормального раствора NaOH, доливают дистиллированной водой до 1 л и хорошо перемешивают), комбинированный индикатор Алямовского (1 часть 0,02%-ного раствора метилового красного смешивают с 2 частями 0,04%-ного раствора бромтимолового синего).

**Сущность метода.** Сущность метода аналогична ранее описанной для определения кислотности почв, но учитывая высокую влагоемкость торфа, берется увеличенное (в 4 раза) количество раствора хлористого калия или дистиллированной воды.

**Ход работы.** 1. На теххимических весах взять навеску торфа 5 г, перенести ее в стаканчик и залить 1-нормальным раствором хлористого калия, а при определении актуальной кислотности — 50 мл дистиллированной воды.

2. Содержимое стаканчика мешать 3—5 минут, оставить стоять на 30—45 минут, опять мешать 3—5 минут, затем оставить на 30—45 минут, снова мешать 3—5 минут; накрыть стеклом или крышкой и оставить стоять до следующего дня.

3. После отстаивания в течение суток осторожно, не взмучивая раствора, набрать пипеткой 4—5 мл прозрачной жидкости, перенести ее в чистую пробирку, добавить 5—6 капель комбинированного индикатора, закрыть пробирку пробкой и взболтать.

4. Окраску, получившуюся в пробирке от прибавления индикатора, сравнить с цветной шкалой прибора Алямовского, подбирая такую пробирку из шкалы, в которой окраска сходна с окраской испытуемого раствора. На пробирках цветной шкалы

написаны значения рН. Сравнение окрасок следует производить на листе белой бумаги или в компараторе. В последнем случае необходимо сзади пробирки из цветной шкалы поставить пробирку с неокрашенной вытяжкой, в которой ведется определение рН (испытуемый раствор), а за пробиркой с окрашенным испытуемым раствором поместить пробирку с дистиллированной водой.

Если окраска пробирки с испытуемым раствором не совпадает с окраской стандартной цветной шкалы, взять среднее арифметическое из показаний двух рядом стоящих в шкале пробирок. Прибор Алямовского позволяет определять рН в интервале 4—8 с точностью до 0,1 рН.

5. Нередко при определении рН торфа и компостов (в особенности при определении рН водной вытяжки) получают темноокрашенные растворы. В таких случаях следует произвести обесцвечивание вытяжек сернокислым барием. Для этого к навеске торфа добавить двойное количество соли  $BaSO_4$  (на навеску 5 г взять 10 г  $BaSO_4$ ), влить 1-нормальный раствор  $KCl$ , хорошо перемешать и оставить отстаиваться на сутки. На следующий день в отстоявшемся растворе определить рН по Алямовскому.

## ПОНЯТИЕ, ЦЕЛИ И ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ

Под системой применения удобрений понимается весь комплекс мероприятий по рациональному использованию удобрений в хозяйстве с целью повышения урожаев сельскохозяйственных культур с наименьшими затратами труда и материальных средств на единицу продукции. Таким образом, система применения удобрений — это не просто план размещения удобрений под отдельные культуры, а весь комплекс мероприятий, связанных с применением удобрений.

Разработка системы применения удобрений является важной частью работы агронома, где он должен показать свое умение использовать имеющиеся у него теоретические знания для практической организации правильного использования удобрений в хозяйстве.

Эпизодическое, случайное внесение удобрений на полях колхозов и совхозов не может гарантировать получения высоких и устойчивых урожаев и закономерного повышения плодородия почв. Случайное применение удобрений недопустимо также потому, что одной из важнейших основ социалистических хозяйств является их плановость. Действительно, опыт показывает, что хозяйства, освоившие правильную систему применения удобрений, из года в год получают высокие и устойчивые урожаи.

Основными задачами системы применения удобрений являются: 1) получение высоких и устойчивых урожаев; 2) высокая экономическая оплата удобрения и обеспечение наивысшей прибыли хозяйству; 3) систематическое повышение плодородия почв.

Основными условиями, определяющими агротехническую и экономическую ценность системы применения удобрений, являются хорошая разработка организационно-хозяйственных мероприятий и правильное распределение удобрений по культурам. Последнее требует тщательного учета особенностей почвенно-климатических условий, специализации хозяйства и агротехники культур, состава и свойств применяемых удобрений и особенностей питания отдельных растений. В хозяйствах с установившимися севооборотами очень важен учет их особенностей, в частности соотношение и порядок чередования культур.

В число организационно-хозяйственных мероприятий, связанных с применением удобрений, входят накопление местных удобрений, приобретение минеральных (промышленных) удобрений, механизация работ, организация оплаты труда и учет экономической эффективности удобрений.

**Накопление местных удобрений.** В плане организационно-хозяйственных мероприятий накоплению местных удобрений должно уделяться особое внимание, так как количество местных удобрений в значительной мере определяет размеры закупок других удобрений, затраты ручного и механизированного труда.

В связи с этим необходимо: 1) выявить возможности заготовки хозяйством навоза, навозной жижи, фекалий, птичьего помета и организации их правильного хранения; 2) установить возможности увеличения количества органических удобрений за счет производства различного вида компостов, органо-минеральных смесей и выращивания сидератов; 3) определить, какое количество золы можно собрать, и установить возможности ее хранения; 4) установить, какое количество отходов местной промышленности и залежей карбонатных пород можно использовать в качестве удобрений.

**Приобретение минеральных (промышленных) удобрений.** Закупке минеральных удобрений должны предшествовать обоснованный расчет необходимого их количества и оценка финансовых возможностей хозяйства. Необходимо ясно представлять, сколько удобрений следует закупить, каких именно и где, как организовать их доставку в хозяйство без потерь. Нужно предусмотреть организацию правильного хранения минеральных удобрений на складе с приемом и отпуском их на поля по весу. Организовать подготовку минеральных удобрений к внесению (размельчение, просеивание, смешивание и нейтрализация кислых форм удобрений).

**Механизация работ и организация оплаты труда.** Лучшей формой использования машин является комплексная механизация всех или большинства работ по определенному циклу. Следует рекомендовать организацию специальных механизированных бригад или звеньев по производству и применению удобрений с составлением списка машин и орудий, тракторов, с которыми орудия агрегируются на всех видах работ по применению удобрений. Конечно, следует планировать использование только тех машин, которые имеются в хозяйстве или могут быть приобретены.

Одним из очень существенных условий разработки реальной системы применения удобрений является организация правильной оплаты труда. Поэтому необходимо составить план расстановки рабочей и тяговой силы на всех видах работ, связанных с применением удобрений, и предусмотреть материальные поощ-

рения и дополнительную оплату труда рабочим, перевыполняющим планы по заготовке и правильному применению удобрений.

Хорошим способом планирования механизации работ и организации оплаты труда является составление технологических карт на получение определенной продукции (табл. 60).

В приведенной ниже примерной технологической карте на приготовление торфо-навозного компоста в общую сумму затрат не вошли: стоимость торфа — 780 руб. (26 коп. за 1 т), стоимость навоза и навозной жижи — 650 руб. (65 коп. за 1 т) и стоимость фосфоритной муки — 380 руб. (9 р. 50 к. за 1 т). При этом условии стоимость 1 т торфо-навозного компоста составляет около 1 р. 50 к. С учетом стоимости работ и материалов стоимость 1 т компоста повысится до 1 р. 98 к.

**Экономическая эффективность удобрений.** В главе I настоящего учебника и при рассмотрении некоторых удобрений уже отмечалась их экономическая эффективность, приводились цифровые показатели и примеры расчетов. К ранее изложенному следует добавить, что экономическая эффективность тесно связана не только с видом удобрений, но и с культурой, под которую оно вносится, т. е. с экономической ценностью культуры.

По данным ВИУА, условно чистый доход от применения минеральных удобрений и их окупаемость подвержены значительным колебаниям (табл. 61).

Экономическая эффективность, или хозяйственная выгода, применения удобрений зависит от многих условий и может определяться рядом показателей. Наиболее важными показателями экономической эффективности удобрений принято считать снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции, увеличение выхода продукции на 1 га и на одного рабочего, возможность сочетания работ по внесению удобрений с другими работами без нарушения нормального графика, затраты на 1 ц дополнительного урожая и увеличение чистого дохода.

Чаще всего экономическая эффективность характеризуется показателями себестоимости 1 ц дополнительного урожая и суммой чистого денежного дохода на 1 га. Себестоимость дополнительного урожая вычисляется делением всей суммы денежных затрат, связанных с применением удобрений, на количество центнеров дополнительно полученной продукции. Разность между стоимостью дополнительного урожая и суммой затрат на все виды расходов по применению удобрений и является чистым доходом.

Предварительный расчет возможной экономической эффективности удобрений в хозяйстве представляет очень важный показатель правильности или неправильности разрабатываемой системы применения удобрений. Расчет себестоимости продук-





**Условно чистый доход от применения  
минеральных удобрений и их окупаемость**  
(в рублях)

Культуры	Условно чистый доход с 1 га	Окупаемость на 1 руб. затрат
Картофель, овощи . . .	320—560	7,0—8,0
Виноградники, сады, ягодники . . . . .	330—390	3,9—4,3
Хлопчатник, сахарная свекла, лен-долгунец .	150—280	3,0—3,7
Кукуруза на силос, мно- голетние травы . . .	30—70	2,0—2,5
Зерновые культуры . .	20—50	1,5—2,0

ции и чистого дохода от применения удобрений можно сделать по следующей схеме:

$$\begin{aligned} \text{себестоимость} &= \frac{\text{сумма затрат, связанных с}}{\text{применением удобрений}} ; \\ \text{продукции (руб. за 1 ц)} &= \frac{\text{дополнительная продукция}}{\text{}} ; \\ \text{чистый доход} &= \text{стоимость дополни-} \\ \text{(руб. на 1 га)} &= \text{тельной продукции} - \frac{\text{сумма затрат,}}{\text{связанных с}} \\ &= \text{} - \frac{\text{применением}}{\text{удобрений}} \end{aligned}$$

Иногда вычисляется также рентабельность, т. е. отношение чистого дохода, полученного от применения удобрений, к издержкам по их внесению на 1 га.

Естественно, что при составлении системы применения удобрений следует стремиться к тому, чтобы себестоимость продукции была ниже, а чистый доход — выше. Однако все расчеты должны основываться на действительных возможностях хозяйства, на прибавках урожая, получаемых в ближайших хозяйствах, опытных станциях и на своих полях.

Система применения удобрений должна быть реально осуществимой. Учет организационно-хозяйственных условий наиболее полно и выражается в составлении реально осуществимой системы применения удобрений. При недооценке организационно-хозяйственных условий, в частности наличия рабочей силы, механизации работ, трудонапряженности и т. п., хорошо составленная система применения удобрений по учету всех прочих факторов может оказаться экономически невыгодной и практически неосуществимой.

#### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПО КУЛЬТУРАМ

Учет особенностей почвенно-климатических условий. Составляя систему удобрения, следует принимать во внимание климатические условия той зоны, где расположено хозяй-

ство. При обильном количестве атмосферных осадков, как и при искусственном орошении, удобрения действуют значительно эффективнее и поэтому их следует применять в большем количестве. Но в то же время в известных условиях, особенно при заблаговременном внесении, легкорастворимые формы удобрений могут вымываться в лежащие ниже глубокие слои почвы. Это обстоятельство следует учитывать, выбирая сроки внесения удобрений. При повышенном увлажнении следует планировать постепенное внесение удобрений с подкормками, удобрения заделывать относительно неглубоко.

В засушливых условиях удобрения, внесенные в верхний, иссушенный, слой почвы, могут остаться неиспользованными растениями и поэтому должны быть внесены заблаговременно и глубоко — во влажную часть пахотного слоя.

Применение удобрений на различных почвах требует особого внимания, так как ни в одной стране мира нет такого разнообразия почв, как в Советском Союзе. На огромной территории СССР почвы различаются по природному плодородию, сельскохозяйственной ценности и требуют различных приемов при возделывании культур, в том числе и различного подхода к вопросам применения удобрений.

Для подробного рассмотрения общеагрономических и агрохимических свойств всех почв страны требуется очень много времени. В связи с этим остановимся на краткой характеристике лишь главнейших почв СССР.

Подзолистые почвы занимают огромную территорию в нашей стране. Они весьма неоднородны по агрономической ценности и различаются по степени выраженности подзолообразовательного процесса, по механическому составу, по степени заболоченности и другим признакам. Наиболее характерными чертами их следует считать малую мощность гумусированного слоя, бесструктурность или очень слабую оструктуренность, различную степень кислотности, обедненность гумусом, азотом и минеральными элементами питания, а также относительно слабую микробиологическую деятельность. В целом это почвы преимущественно низкого естественного плодородия.

Удобрения, особенно органические, являются не только важным средством улучшения питания той культуры, под которую они вносятся, но и мощным фактором окультуривания почв с невысоким естественным плодородием. Поэтому на подзолистых почвах имеет большое значение применение достаточных доз органических удобрений, таких, как навоз и компосты. Для успешного роста и развития растений необходимо обеспечение их всеми элементами питания за счет минеральных удобрений. На незаболоченных почвах нечерноземной полосы особенно важно улучшение азотного и затем фосфорного питания. Значение калийных удобрений наиболее сильно

возрастает на торфяных почвах и почвах легкого механического состава.

Известкование является обязательным элементом системы удобрения кислых подзолистых почв. На почвах, обладающих повышенной кислотностью, целесообразно также применение щелочных форм минеральных удобрений и труднорастворимых фосфатов.

В системе удобрения в нечерноземной полосе предусматривается максимально возможное использование торфа в виде различных компостов. Климатические условия нечерноземной полосы (достаточное увлажнение) благоприятны для широкого применения зеленого удобрения, особенно ценного для песчаных почв. Наряду с приемами глубокого внесения удобрений здесь может широко применяться и неглубокая заделка — под культиватор и дисковую борону.

Черноземы являются лучшими почвами нашей страны. В почвенном поглощающем комплексе их преобладают кальций и магний, что обуславливает реакцию, близкую к нейтральной. Черноземы содержат большое количество элементов питания.

При разработке системы удобрения на черноземных почвах с неустойчивым увлажнением имеет большое значение улучшение водного режима всеми доступными агротехническими средствами, которое необходимо для повышения эффективности удобрений. Почвенно-климатические условия зоны распространения черноземных почв требуют широкого применения приемов глубокой заделки как основного удобрения, так и подкормок. Этими же условиями определяется целесообразность осеннего внесения фосфорных, калийных и отчасти азотных минеральных удобрений.

Потребность сельскохозяйственных растений в азотных удобрениях здесь относительно меньшая, чем на подзолистых почвах. Объясняется это не только богатством чернозема органическим веществом, но и высокой биологической активностью этих почв. Несколько ослабляется на черноземах действие калийных удобрений на все культуры, кроме сахарной свеклы и других требовательных к калию культур.

Из минеральных удобрений на черноземах наибольшее значение имеют легкорастворимые формы фосфатов типа суперфосфата. Это не исключает использования азотных и калийных удобрений, которые широко применяются при возделывании технических культур и других растений.

Для системы удобрения черноземных почв характерно применение сравнительно невысоких доз навоза, в 2—3 раза меньших, чем на подзолистых почвах, в сочетании с минеральными удобрениями. Высокая степень насыщенности основаниями определяет ненужность известкования и целесообразность использования кислых форм удобрений.

На выщелоченных, деградированных и оподзоленных черноземах предусматривается применение известковых туков преимущественно в форме отходов свеклосахарной промышленности — дефекационной грязи; для солонцеватых почв — гипсование.

Каштановые почвы, особенно темно-каштановые, сходны по агрономическим свойствам с южными разновидностями черноземов, но они беднее перегноем и богаче минеральными солями. В их почвенный поглощающий комплекс наряду с кальцием и магнием входит натрий, т. е. почвы приобретают некоторые черты солонцеватости и нередко включают пятна солонцов.

По запасу питательных веществ каштановые почвы достаточно плодородны. Ограничивающим рост урожайности фактором является засушливость климата и малый запас почвенной влаги. Поэтому для увеличения урожайности на каштановых почвах рекомендуются те же мероприятия, что и на черноземах, причем еще большее внимание должно быть обращено на улучшение водного режима почв.

Сероземы — это почвы палево-желтой окраски, с малым содержанием органического вещества, но богатые минеральными элементами питания. Они характеризуются большой минерализацией органического вещества, в связи с чем содержание гумуса в них очень невелико. В почвенном поглощающем комплексе наряду с кальцием и магнием содержится около 1 мг экв натрия. Структура у сероземов не выражена, но физические свойства благоприятны благодаря пористому сложению почв и материнских пород. Недостаток влаги часто ограничивает возможности их широкого использования, но при поливе они становятся высокоплодородными. На сероземах только некоторая часть посевов возделывается без полива (богарное земледелие). Устойчивые же урожаи получают на орошаемых участках. Орошение создает особенно благоприятные условия для использования растениями удобрений, поэтому и оплата последних прибавками урожая на орошаемых землях наиболее высокая.

Особое внимание на этих почвах следует уделять разработке системы удобрения в хлопководческих поливных хозяйствах, где широко применяются различные виды органических, зеленых и минеральных удобрений, причем ежегодное внесение минеральных удобрений под хлопчатник достигает 10—12 ц на 1 га. Первоочередное значение для большинства культур имеют азотные и легкорастворимые фосфорнокислые удобрения.

Субтропические оподзоленные почвы и красноземы Черноморского побережья весьма разнообразны. По ряду свойств они близки к подзолистым почвам, но отличаются высоким содержанием полуторных окислов.

Высокая требовательность возделываемых здесь сельскохозяйственных культур (чай, цитрусовые, виноград, табак и др.) к элементам питания, а также относительная бедность почв обусловили необходимость применения всех видов органических и минеральных удобрений. Особенно большое значение имеет применение больших доз фосфорных удобрений, так как анион фосфорной кислоты связывается полуторными окислами и становится труднодоступным для растений.

В связи с кислотностью почв применяются не только суперфосфат и преципитат, но и фосфоритная мука и даже известь в дозах не меньших, чем на подзолистых почвах. Широко используются также азотные и калийные удобрения.

**Учет состава и свойств удобрений.** Удобрения следует выбирать соответственно почвенно-климатическим и агротехническим условиям возделывания растений. Особое внимание должно быть обращено на растворимость удобрений, их физиологические свойства, взаимодействие с почвой и продолжительность действия. Так, фосфоритную муку, отличающуюся трудной растворимостью фосфора, применяют на кислых почвах со степенью насыщенности основаниями не более чем 60—70%. Вносят ее в паровом поле или под зяблевую вспашку в повышенных дозах с расчетом ее действия на ряд лет.

Навозную жижу как быстро действующее калийное удобрение можно использовать для приготовления компостов и непосредственного удобрения под любые культуры и во всех почвенно-климатических зонах как для допосевого внесения, так и в качестве подкормок. Малое содержание в навозной жиже фосфора обуславливает необходимость одновременного применения фосфорных удобрений.

Таким образом, составу и свойствам любых удобрений при их выборе для использования в системе удобрения должно быть уделено большое внимание.

**Выбор дозы удобрений.** Общие дозы удобрений для обеспечения нормального питания растений и получения планового урожая должны устанавливаться с учетом требований растений, особенностей удобрений, содержания легкорастворимых питательных веществ в почве, предшествующей культуры, способов внесения удобрений и других условий. Расчет доз удобрений — это ответственная и довольно сложная задача.

Дозы навоза и большинства других органических удобрений в черноземной полосе колеблются чаще всего в пределах 20—40 т на 1 га (нередко 60—80 т на 1 га), а в южных областях — от 10 до 20 т на 1 га. Огромный практический опыт применения органических удобрений и мягкость их действия не вызывают, за исключением редких случаев, никаких опасений при использовании повышенных доз. Обычно дозы органических удобрений ограничивают не из-за боязни испортить почву или ухудшить

развитие растений, а из-за их недостатка в хозяйствах или затруднений по их внесению.

При внесении различных доз органических удобрений принимается во внимание улучшение физических свойств почв и обогащение их полезной микрофлорой.

По-другому дело обстоит с дозами минеральных удобрений. Во-первых, минеральные удобрения дороги, и внесение высоких доз потребует больших затрат. Во-вторых, высокие дозы могут создать в почве очаги высокой концентрации солей и избыточной кислотности или щелочности, что отрицательно скажется на всходах, росте растений и урожайности. В-третьих, минеральные удобрения разнообразны по своим свойствам и отличаются по действию на почвы и растения, что вместе с другими причинами создает необходимость применения различных их доз.

На выбор дозы удобрения прежде всего влияют требования отдельных культур, вынос элементов питания с урожаем, планируемая высота урожая, содержание доступных элементов питания в почве и ряд других условий. Например, для создания среднего урожая зерновых культур 20—25 ц зерна с 1 га в растении должно поступить 60—85 кг N, 25—30 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 50—60 кг K<sub>2</sub>O; для создания же среднего урожая картофеля 200—250 ц клубней с 1 га требуется уже значительно больше элементов питания, а именно: 100—120 кг N, 40—50 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 140—230 кг K<sub>2</sub>O. Таким образом, и количество элементов питания, и соотношение между ними будут различными для получения средних урожаев зерновых культур и картофеля.

Далее, чем выше запланированная урожайность, тем более высокие дозы удобрений следует планировать; чем больше в почве элементов питания, тем меньшие дозы удобрений можно применять и т. п. Иными словами, вопрос о правильном установлении доз удобрений довольно сложен.

Существуют различные способы установления доз минеральных удобрений, которыми и следует творчески пользоваться в зависимости от конкретных условий данного хозяйства, так как единого, непреложного указания для всех случаев дать нельзя, да его и не может быть.

Для общих плановых расчетов можно пользоваться примерными дозами минеральных удобрений, составленными в целом по стране на основании обобщения работ научных сельскохозяйственных учреждений, опыта колхозов и совхозов. В соответствии с требованиями сельскохозяйственных культур можно рекомендовать для сплошного допосевого внесения следующие дозы (в кг каждого элемента питания на 1 га):

Для группы зерновых культур и льна . . .	30—40
Для группы овощных культур, картофеля и кормовых корнеплодов . . . . .	60—90
Для технических культур (сахарная свекла, хлопчатник) и плодово-ягодных насаждений . . . . .	90—120

Эти данные следует считать грубо ориентировочными, и пользоваться ими для получения определенного планового урожая той или другой культуры в определенных хозяйственных условиях, конечно, трудно.

ВИУА на основании материалов географической сети опытов научных учреждений и зональных агрохимических лабораторий разработаны рекомендации по применению минеральных удобрений в почвенно-климатических зонах СССР. Эти рекомендации одобрены Всесоюзной академией сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина. В табл. 62—75 приводятся некоторые основные положения из рекомендаций.

Таблица 62

Средние нормы минеральных удобрений для Центрального района  
нечерноземной полосы  
(в кг на 1 га)

Культуры	Дерново-подзолистые почвы			Серые лесные почвы и оподзоленные черноземы		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Зерновые озимые:						
неудобренные навозом . . .	60	60	(40)	40	60	(40)
по навозу . . . . .	30	40	(20)	20	40	(20)
по клеверу . . . . .	20	60	40	20	60	40
Зерновые яровые . . . . .	30	60	(40)	30	10	40
Зернобобовые . . . . .	—	40	40	—	40	40
Лен-долгунец . . . . .	40	60	60	—	60	60
Картофель:						
неудобренный навозом . .	60	60	80	60	60	60
по навозу . . . . .	40	30	(60)	40	30	(60)
Кукуруза и другие силосные:						
неудобренные навозом . .	90	80	90	60	80	80
по навозу . . . . .	90	40	60	40	40	60
Сахарная свекла:						
неудобренная навозом . .	60	60	120	60	60	120
по навозу . . . . .	60	40	80	40	40	80
Клевер на семена . . . . .	—	30	40	—	30	40
Злаковые травы (семенники).	40	50	40	40	50	40
Овощные (капуста, корнеплоды) по навозу . . . . .	120—80	80—60	160—120	90—60	90—60	120

Примечания: 1. В дозировки вносятся поправки в зависимости от обеспеченности подвижными фосфором и калием (приводимые дозы рассчитаны на низкое содержание P и K).

2. При возделывании озимых без внесения навоза по занятым парам половина азота дается перед посевом озимых, остальная часть, как и в других случаях, — весной.

3. В скобках указаны дозы, применяемые при наличии установленной потребности в калии.

Для отдельного хозяйства в пределах определенной зоны рекомендованные средние дозы должны уточняться на основе показателей содержания в почве азота, фосфора и калия, которые указываются на агрохимических картах.

Поправочные коэффициенты к средним нормам удобрений, рекомендуемые научно-исследовательскими учреждениями в зависимости от содержания подвижного (усвояемого) фосфора и калия в дерново-подзолистых и серых лесных почвах

Содержание в почве питательных веществ	Зерновые	Зернобобовые и травы	Лен	Пропашные	Овощные
<i>Фосфорные удобрения</i>					
Очень низкое . . . . .	1,3—1,5	1,5—2,0	1,3—1,5	Без предварительного окультуривания получение среднего урожая не обеспечено	
Низкое . . . . .	1,0	1,0	1,0	1,0—1,5	—
Среднее . . . . .	0,6—0,7	0,7—0,9	0,6—0,7	1,0	1,2—1,5
Повышенное . . . . .	Рядковое	0,6—0,5	0,5	0,5—0,7	1,0
Высокое . . . . .	Не вносят	Не вносят	0,2—0,3	Рядковое	0,6—0,8
Очень высокое . . . . .	"	"	Рядковое	Не вносят	Рядковое
<i>Калийные удобрения</i>					
Низкое . . . . .	1,0	1,5	1,5—2,0	1,3—1,5	1,5—2,0
Среднее . . . . .	0,6—0,7	1,0	1,0—1,5	1,0	1,3—1,5
Повышенное . . . . .	Не вносят	0,7—0,8	0,8—1,0	0,6—0,8	1,0
Высокое . . . . .	"	0,5—0,6	0,7—0,8	0,5	0,6—0,8

Примечания: 1. За единицу принята средняя норма, рекомендуемая научными учреждениями для данной зоны и указанных культур.

2. На почвах с высоким содержанием подвижного фосфора и азота под лен, пропашные и овощные вносят полную норму калийных удобрений.

3. При рядковом внесении удобрений берутся дозы без поправок.

Для каждой зоны приняты специальные методы определения количества содержащихся в почве подвижных элементов питания. Оценка степени обеспеченности растений по каждому элементу («низкая», «средняя», «высокая») приводится в табл. 76, 77 и 78. При высоком содержании элементов питания в почве дозы удобрений уменьшаются, а при очень низком — увеличиваются. Ориентировочные поправки к средним рекомендуемым дозам удобрений в зависимости от содержания элементов питания в почве приводятся в соответствующих таблицах.

Нередко в хозяйствах, располагающих достаточным количеством удобрений, вносятся рекомендуемые средние или повышенные дозы удобрений без поправок по агрохимическим картам. Это приводит к ненужной затрате удобрений, труда, а иногда и к снижению урожая. Наглядным примером важности уточнения доз удобрений по агрохимическим картам могут служить результаты применения удобрений в совхозе «Большевик» Московской области под овощные культуры на пойменной некислой, богатой фосфором, но бедной калием почве.



Дозы до уточнения по агрохимическим картам

Дозы после уточнения по агрохимическим картам



До уточнения доз урожайность овощных культур составляла 270 ц, а после уточнения было получено по 421 ц с 1 га.

Таблица 64

Примерные нормы удобрений на сенокосах и пастбищах нечерноземной полосы (в кг на 1 га)

Угодья	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Сеяные культурные пастбища</i>			
В первые 2—3 года при значительном (до 30—40 %) участии в травостое бобовых . . . . .	—	30—40	80—100
В последующие годы (после выпадения большей части бобовых), а также на сеяных злаковых травостоях (при небольшом участии — до 10 % бобовых) . . . . .	90—120	30—40	60—90
Орошаемые со злаковыми травостоями . . . . .	200—250	60—70	120—150
<i>Сенокосы</i>			
Суходольные сеяные: в первые 2—3 года при значительном участии в травостое бобовых (до 30—40 %) в последующие годы (после выпадения большей части бобовых) . . . . .	— 45—60	40—60 20—30	60—80 30—45
Сеяные на осушенных торфяниках . . . . .	—	30—45	60—90
Заливные пойменные (среднего уровня) . . . . .	30—70	0—30	0—30
Сенокосы по долинам мелких рек . . . . .	30—60	20—30	30—45
Суходольные (нормального увлажнения) . . . . .	30—50	30—40	20—45
Низинные . . . . .	30—50	30—40	30—45

**Примерные нормы минеральных удобрений и  
(навоз в т, минеральные удобрения)**

Культуры	Предшественник или фон	Серые, светло- и темно-серые лесные почвы, оподзоленные и выщелоченные черноземы (подзона достаточного увлажнения)									
		основное			в рядки или гнезда			подкормки			
		навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озимые зерновые	Чистые пары, бобовые и зернобобовые . . . . .	15	—	—	—	0	10	0	20	0	0
	Непаровые предшественники . . . . .	25	—	—	—	10	10	10	30	0	0
Сахарная свекла	Чистые пары, бобовые и зернобобовые . . . . .	—	40	40	40	0	10	0	20	0	0
	Непаровые предшественники . . . . .	—	40	30	40	20	10	10	30	0	0
Кукуруза	Неудобренные озимые . . . . .	25	60	50	60	10	15	10	30	15	25
	Унавоженные озимые . . . . .	—	70	60	70	10	16	10	30	15	25
Горох	Унавоженный . . . . .	—	45	40	50	10	8	10	20	20	20
	Неудобренный . . . . .	20	40	40	40	0	5	0	30	30	30
Ячмень, овес	Удобренный . . . . .	—	—	—	—	0	10	0	—	—	—
	Неудобренный . . . . .	—	0	30	30	0	8	0	—	—	—
	Удобренный . . . . .	—	—	—	—	8	10	8	—	—	—
	Неудобренный . . . . .	—	60	40	60	0	10	0	—	—	—

**Примерные нормы навоза и минеральных удобрений  
(навоз в т, минеральные удобрения)**

Культуры	Предшественник или фон	Мощные среднегумусные черноземы (северная часть степи)									
		основное			припосевное			подкормки			
		навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озимая пшеница	Чистый пар . . . . .	25	0	60	20	0	10	0	—	—	—
	Занятой пар . . . . .	10	20	60	20	0	10	0	—	—	—
Кукуруза	Непаровые предшественники . . . . .	15	40	60	20	10	10	10	—	—	—
	Удобренный . . . . .	—	20	30	20	0	10	0	20	20	0
Сахарная свекла	Неудобренный . . . . .	15	—	—	—	0	10	0	—	—	—
	Унавоженные озимые . . . . .	—	40	60	40	0	10	0	20	20	0
Подсолнечник	Неудобренный . . . . .	20	60	80	70	10	15	10	—	—	—
	Удобренный . . . . .	—	60	70	60	10	15	10	—	—	—
Горох	Неудобренный . . . . .	15	—	—	—	0	8	0	—	—	—
	Удобренный . . . . .	—	0	40	0	0	8	0	—	—	—
Ячмень, овес	Удобренный . . . . .	—	0	30	0	Нитрагин	—	—	—	—	—
	Неудобренный . . . . .	15	40	60	20	8	10	8	—	—	—
Просо	Удобренный . . . . .	—	40	60	40	0	10	8	—	—	—

навоза для лесостепной зоны Украинской ССР  
в кг действующего начала на 1 га)

Слаборазделенные, выщелоченные, мощные малогумусные черноземы (подзона неустойчивого увлажнения)									Мощные малогумусные и обыкновенные черноземы (подзона недостаточного увлажнения)										
основное			в рядки или гнезда			подкормки			основное			в рядки или гнезда			подкормки				
навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
15	—	—	—	0	10	0	—	—	—	15	—	—	—	0	15	0	—	—	—
20	—	—	—	8	10	8	20	0	0	15	—	—	—	10	10	8	20	0	0
—	30	30	30	0	10	0	20	0	0	—	30	40	30	0	10	0	20	0	0
—	40	30	40	10	10	10	20	0	0	—	30	40	30	0	10	0	20	0	0
20	50	50	50	10	20	10	25	20	25	20	50	70	60	8	10	8	—	—	—
—	60	60	60	10	20	10	25	20	25	—	60	80	70	8	20	8	—	—	—
—	40	40	40	8	8	8	15	20	15	—	30	40	30	8	10	8	15	20	15
15	—	—	—	0	5	0	20	20	20	12	—	—	—	0	15	0	20	20	20
—	—	—	—	0	10	0	—	—	—	—	—	—	—	0	15	0	—	—	—
—	0	20	20	0	8	0	—	—	—	—	0	20	0	0	10	0	—	—	—
—	—	—	—	0	10	0	—	—	—	—	—	—	—	0	10	0	—	—	—
—	50	40	30	0	10	0	—	—	—	—	40	50	0	0	10	0	—	—	—

Таблица 66

для степной зоны Украинской ССР  
в кг действующего начала на 1 га)

Обыкновенные малогумусные и среднелесные среднелесные черноземы									Карбонатные и южные черноземы, каштановые почвы										
основное			припосевное			подкормки			основное			припосевное			подкормки				
навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
—	0	40	20	5	10	0	—	—	—	—	0	40	0	0	10	0	—	—	—
10	20	40	20	5	10	0	—	—	—	10	20	40	0	0	10	0	—	—	—
—	15	30	40	20	10	10	10	—	—	15	30	40	0	10	10	10	—	—	—
—	20	30	20	0	10	0	20	20	0	—	20	30	0	0	10	0	15	15	0
—	—	—	—	0	10	0	—	—	—	10	20	30	0	0	10	0	—	—	—
—	30	40	40	0	10	0	20	20	0	—	30	20	0	0	10	0	15	15	0
—	50	80	70	10	15	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15—20	50	70	60	10	15	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0	8	0	—	—	—	—	—	—	—	0	8	0	—	—	—
10	—	—	—	0	8	0	—	—	—	10	—	—	—	0	8	0	—	—	—
—	0	30	—	0	8	0	—	—	—	—	0	30	0	0	8	0	—	—	—
—	0	30	0	—	—	—	—	—	—	—	0	20	0	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	Нитрагин					—	—	—	—	—	—	Нитрагин				
—	—	—	—	5	10	0	—	—	—	—	—	—	—	0	8	0	—	—	—
15	30	40	20	5	10	0	—	—	—	15	30	40	0	0	8	0	—	—	—
—	40	40	30	0	8	0	—	—	—	—	40	40	0	0	8	0	—	—	—

**Примерные нормы навоза и минеральных удобрений**  
(навоз в т, минеральные удобрения в кг)

Культуры	Предшественник или фон	Серые лесные почвы, деградированные черноземы									
		основное				припосевное			подкормки		
		навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озимая пшеница	Чистый пар . . . . .	—	0	45	45	0	10	0	—	—	—
	Кукуруза на силос	—	60	45	45	0	10	0	30	—	—
	Бобовые культуры	—	20	45	45	0	10	0	—	—	—
	Кукуруза на силос	20	20	40	20	0	10	0	20	—	—
Сахарная свекла	По всем фонам . . . . .	20	70	60	70	10	15	10	30	20	30
Кукуруза на зерно и силос	Неудобренный . . . . .	20	—	—	—	0	10	0	—	—	—
	" . . . . .	—	60	45	40	0	8	0	20	—	—

Таблица 68

**Нормы минеральных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры на орошаемых землях Северного Кавказа и Украины**  
(в кг действующего начала)

Культуры	Средние нормы		Возможные отклонения в нормах в зависимости от плодородия полей	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Озимая пшеница . . . . .	100	80	60—150	45—120
Яровая пшеница . . . . .	60	60	45—90	45—90
Рис . . . . .	120	60	60—180	30—90
Кукуруза . . . . .	120	80	60—180	60—120
Сахарная свекла . . . . .	120	100	60—150	60—150
Картофель . . . . .	120	80	60—150	60—120
Овощные культуры (томаты, капуста) . . . . .	150	80	60—200	60—120

Примечание. Калийные удобрения вносят только на почвах, бедных калием, и под культуры, отзывчивые на калийные удобрения, в дозе около 60 кг на 1 га.

ний для полевых культур в Молдавской ССР  
действующего начала на 1 га)

Выщелоченные и оподзоленные малогумусные мощные черноземы									Обыкновенные и карбонатные среднемощные и мощные черноземы										
основные				припосевное			подкормки		основное				припосевное			подкормки			
навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	навоз	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
—	0	40	0	0	10	0	—	—	—	—	0	60	0	0	10	0	—	—	—
—	40	40	0	0	10	0	20	—	—	—	45	60	0	0	10	0	20	—	—
—	20	40	40	0	10	0	—	—	—	—	0	60	45	0	10	0	—	—	—
—	—	—	20	0	10	0	20	—	—	15	20	20	20	0	10	0	20	—	—
20	60	60	60	10	20	10	30	20	30	15	50	70	60	8	20	8	20	—	—
20	—	—	—	0	8	0	—	—	—	15	—	—	—	0	10	0	—	—	—
—	—	—	—	0	8	0	—	—	—	—	—	—	—	0	10	0	—	—	—

Таблица 69

Рекомендуемые нормы удобрений для хлопчатника в Азербайджанской ССР  
(навоз в т, минеральные удобрения в кг действующего начала на 1 га)

Почвы	На старопахотных землях и на 3—5-й год после распахки люцерны				После распахки люцерны					
				навоз	1-й год			2-й год		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Каштановые, примитивные, серо-бурые, каштановые солонцеватые . . . . .	120	120	40	20	50	120	50	80	100	30
Светло-каштановые, каштановые, сероземные староорошаемые . . . . .	100	100	30	15	50	100	30	70	90	30
Сероземно-луговые солонцеватые, легкие и средние сероземно-луговые . . . . .	80	80	30	10	50	100	30	70	90	30
Луговые и лугово-болотные	60	80	30	—	40	80	40	60	80	30

## Средние нормы минеральных удобрений для садов и виноградников Закавказья

(в кг действующего начала на 1 га)

Район	Урожай	Сады			Виноградники			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Западная Грузия	Средний	—	—	—	60—70	80	70	
	Высокий	—	—	—	100	100	100	
Восточная Грузия, Азербайджан и Армения: орошаемые насаждения	Средний	60—70	90	70	90	90	60	
	Высокий	90—100	100	100	100	120	90	
	неорошаемые насаждения	Средний	50	50	50	40	50	50
		Высокий	60—70	70	60	60	60	60

Таблица 71

## Средние нормы минеральных удобрений для районов Дальнего Востока (в кг действующего начала на 1 га)

Культуры	Буро-подзолистые и лугово-бурные оподзоленные почвы						Лугово-бурные и черноземовидные почвы (Приамурье)		
	Приморье			Приамурье					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Пшеница яровая . . . . .	45	60	45	30	45	30	60	45	—
Ячмень . . . . .	45	60	45	30	45	—	45	45	—
Кукуруза . . . . .	60	90	45	60	60	45	60	45	30
Соя . . . . .	30	60	45	30	60	30	30—40	40—60	—
Свекла сахарная . . . . .	80	100	100	—	—	—	—	—	—
Рис . . . . .	50	75	40	50	75	40	—	—	—
Картофель . . . . .	60	130	40	90	60—90	60	60—90	60	45
Овощные . . . . .	70	110	60	90	90	60	90	60	45
Клевер . . . . .	—	20	—	—	20	—	—	—	—

Разумное уменьшение дозы того или другого удобрения не снижает урожай сельскохозяйственных культур, а, наоборот, способствует его повышению, так как в этом случае растение не только получает нужное количество элементов питания, но и в правильном их соотношении.

Приведенный способ выбора и уточнения доз удобрений имеет некоторые недостатки. Во-первых, зональные дозы ориентированы на какой-то средний уровень урожайности и во многих случаях рекомендованы относительно небольшие дозы. Во-вторых, средние дозы, которые для определенной зоны несом-

Поправки (в относительных единицах) к средним нормам удобрений, рекомендуемым под различные культуры, в зависимости от содержания подвижного фосфора и калия в почвах районов Дальнего Востока

Содержание питательных веществ в почве	Культуры			
	зерновые	зернобобовые	пропашные	овощные
<i>Фосфорные удобрения</i>				
Очень низкое . . . . .	1,3—1,5	1,5	Без предварительного окультуривания возделывание нецелесообразно	
Низкое . . . . .	1	1	1,3—1,5	—
Среднее . . . . .	0,6—0,7	0,7—0,8	1	1
Повышенное . . . . .	Рядковое удобрение	0,6—0,5	0,5—0,7	0,7—0,8
Высокое . . . . .	Не вносят	Не вносят	Рядковое удобрение	—
Очень высокое . . . . .	"	"	Не вносят	Припосевное удобрение
<i>Калийные удобрения</i>				
Очень низкое и низкое	1,5—1,8	1,5	1,3—1,5	1,5—2,0
Среднее . . . . .	1	1	1	1
Повышенное . . . . .	Не вносят	0,7—0,8	0,6—0,8	0,6—0,8
Высокое . . . . .	"	0,5—0,6	0,5	0,5
Очень высокое . . . . .	"	Не вносят	Не вносят	Не вносят

Таблица 73

Примерные нормы минеральных удобрений в орошаемых районах Южного Казахстана и Средней Азии  
(в кг действующего начала на 1 га)

Культуры	Урожайность (ц/га)	Почвы					
		сероземы			лугово-болотные		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Овощные . . . . .	220—250	120—160	120—160	60—80	100—120	130—160	50—60
Бахчевые . . . . .	250—300	100—120	100—120	50—60	80—100	100—120	50—60
Картофель . . . . .	120—150	100—140	100—140	60—80	80—100	120—150	60—80

ненно имеют большое практическое значение, не могут удовлетворить агронома, стремящегося внести удобрения для обеспечения заданного (желаемого) урожая, да еще с применением органических удобрений. А это и есть одна из главных задач разработки системы применения удобрений.

Примерные годовые нормы минеральных удобрений под хлопчатник в зоне предгорий (пояс типичных сероземов) в районах Южного Казахстана и Средней Азии  
(в кг действующего начала на 1 га)

Урожайность хлопка-сырца (ц/га)	Старорошаемые сероземы, сероземно-луговые почвы			Старорошаемые светло-луговые почвы			Старорошаемые темно-луговые и лугово-болотные почвы			Старорошаемые маломощные дренированные и эродированные почвы на галечниках		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
20-25	120-150	85-105	60-70	115-140	85-115	60-75	120-130	110-115	60-75	130-160	90-115	60-75
25-30	150-175	105-115	75-90	140-165	115-120	75-90	130-145	115-120	75-90	160-180	115-120	75-90
30-35	175-200	115-120	90-100	165-200	120-130	90-100	145-160	120-140	90-100	180-200	120-125	90-100
35-40	200-225	120-125	100-115	200-225	130-135	100-115	160-175	140-160	100-115	200-225	125-135	100-115

Примерные годовые нормы минеральных удобрений под хлопчатник в зоне пустыни (центральная и южная подзоны)  
(в кг действующего начала на 1 га)

Урожай- ность хлопка- сырца (ц/га)	Старорошаемые тапьярные и лу- гово-тапьярные почвы			Старорошаемые пустынно-луговые и светло-луговые почвы			Старорошаемые лугово-болотные и темно-луговые почвы			Старорошаемые маломощные дренированные и эродирован- ные почвы на галечниках		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
20-25	135-170	90-105	40-50	120-155	85-105	40-50	100-150	70-105	30-45	140-175	85-105	40-55
25-30	170-195	105-120	50-60	155-180	105-115	50-55	150-170	105-120	45-50	175-205	105-120	55-60
30-35	195-215	120-130	60-65	180-205	115-125	55-60	170-195	120-135	50-60	205-225	120-125	60-70
35-40 и выше	215-235	130-140	65-70	205-230	125-135	60-70	195-220	135-150	60-70	225-245	125-140	70-75



Группировка почв по обеспеченности азотом в зависимости от возделываемых культур  
(в мг N на 100 г почвы)

Обеспеченность	Гидролизуемый азот по Тюрину и Кононовой												Нитрификационная способность			
	pH ниже 5				pH 5-6				pH выше 6				зерно-вые	корне-плоды	овощ-ные	
	зерно-вые	корне-плоды	овощ-ные	зерно-вые	корне-плоды	овощ-ные	зерно-вые	корне-плоды	овощ-ные	зерно-вые	корне-плоды	овощ-ные				
													зерно-вые	корне-плоды	овощ-ные	зерно-вые
Очень низкая . . . . .	< 4	< 5	< 7	< 3	< 4	< 6	< 3	< 4	< 5	< 4	< 5	< 0,5	< 0,8	< 1,5	< 3,0	
Низкая . . . . .	< 5	< 7	< 10	< 4	< 6	< 8	< 4	< 5	< 7	< 5	< 7	< 0,8	< 1,5	< 3,0	< 6,0	
Средняя . . . . .	5-7	7-10	10-14	4-6	6-8	8-12	4-5	5-7	7-10	8-12	10-12	0,8-1,5	1,5-3,0	3,0-6,0	> 6,0	
Высокая . . . . .	> 7	> 10	> 14	> 6	> 8	> 12	> 5	> 7	> 10	> 12	> 10	> 1,5	> 3,0	> 6,0	> 6,0	

Таблица 77

Группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфатов  
в зависимости от возделываемых культур  
(в мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 100 г почвы)

Обеспеченность	По Карсанову						По Чирикову			По Труогу			По Мачагину			По Арренуусу		
	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные
	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные	зерно-вые	про-пашные	овощ-ные
Очень низкая	< 3	< 8	< 15	< 2	< 5	< 10	< 3	< 7	< 12	< 1,0	< 1,5	< 3,0	< 1,5	< 3,0	< 4,5	< 8	< 15	< 30
Низкая . . . . .	< 8	< 15	< 20	< 5	< 10	< 15	< 7	< 12	< 18	< 1,5	< 3,0	< 4,5	< 3,0	< 4,5	< 6,0	< 15	< 30	< 45
Средняя . . . . .	8-15	15-20	20-30	5-10	10-15	15-20	7-12	12-18	18-25	1,5-3,0	3,0-4,5	4,5-6,0	3,0-4,5	4,5-6,0	6,0-15	15-30	30-45	45-60
Высокая . . . . .	> 15	> 20	> 30	> 10	> 15	> 20	> 12	> 18	> 25	> 3,0	> 4,5	> 6,0	> 4,5	> 6,0	> 15	> 30	> 45	> 60

Группировка почв по обеспеченности обменным калием в зависимости от возделываемых культур  
(в мг К<sub>2</sub>O на 100 г почвы)

Обеспеченность	По Масловой			По Пейве (ВИУА)			По Бровкиной			По Протасову			По Гусейнову		
	зерновые, лещ., травы	картофель, овощные	зерновые, лещ., травы	картофель, овощные	зерновые, лещ., травы	картофель, овощные	зерновые	картофель	овощные	зерновые	картофель	овощные	зерновые	картофель	овощные
Очень низкая . . . . .	< 5	< 10	< 15	< 7	< 10	< 14	< 4	< 8	< 14	< 10	< 20	< 30	< 20	< 30	< 50
Низкая . . . . .	< 10	< 15	< 20	< 10	< 15	< 20	< 8	< 14	< 20	< 20	< 40	< 30	< 30	< 50	< 70
Средняя . . . . .	10-15	15-20	20-30	10-15	15-20	20-30	8-14	14-20	20-30	20-30	40-60	30-40	30-40	50-70	70-100
Высокая . . . . .	> 15	> 20	> 30	> 15	> 20	> 30	> 14	> 20	> 30	> 30	> 60	> 50	> 70	> 100	> 100

Таблица 79

Ориентировочные поправки к рекомендуемым нормам минеральных удобрений в зависимости от содержания элементов питания в почве

Содержание элементов питания в почве	Удобрения	
	азотные	фосфорные
Высокое	Рекомендуемая доза снижается на 1/2	Можно не вносить
Среднее	Рекомендуемые дозы снижаются на 1/3	Можно ограничиться припосевным внесением небольших доз
Низкое	Вносятся полные рекомендуемые дозы	Рекомендуемая доза снижается на 1/2
Очень низкое	Рекомендуемые дозы увеличиваются на 1/3	Рекомендуемая доза снижается на 1/3

Ориентировочные нормы удобрений под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых и подзолистых почвах северо-западной зоны

Планируемая урожайность (ц/га)	Доза навоза (т/га)	Нормы удобрений (кг действующего вещества на 1 га)						калийных при содержании К <sub>2</sub> O (кг на 100 г почвы)										
		азотных при окультуривании почвы			фосфорных при содержании P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (кг на 100 г почвы)			> 20	8-15	< 8	> 20	10-20	< 10					
		хорошей	средней	слабой	> 20	15-20	8-15							< 8				
13-14	—	—	—	20	<b>Ячмень</b>						—	—	—	30				
15-18	—	—	30	—							—	10 (в рядок)	20	30	—	—	—	30
20-25	—	40	50	—							—	30	30	40	—	—	—	40
25-30	—	50	60	—							—	40	60	70	—	—	—	50
15-18	20	—	15	<b>Озимая рожь (по занятому пару)</b>						—	—	—	20					
20-25	20	15	30							10 (в рядок)	20	30	30	40	—	—	—	30
25-30	30	20	40							То же	40	40	60	80	—	—	—	40
100-120	—	—	30	<b>Картофель</b>						—	—	—	20	40	60			
140-150	—	40	60							20 (при посадке)	40	60	80	80	40	80	100	
140-150	20-30	20	40							—	20 (при посадке)	40	50	80	20	60	80	
180-200	20-30	40	60							20 (при посадке)	30	50	60	100	60	80	100	
220-250	30-40	50	70							Не планируется	40	60	80	100	60	80	100	
3-4	—	—	20	<b>Лен (волокно)</b>						—	—	—	40	60				
5-6	—	20	30							10 (в рядок)	10 (в рядок)	30	50	60	40	50	70	
8-10	—	40	50							30	40	60	80	80	50	60	80	

В настоящее время имеется ряд попыток установить практические дозы минеральных удобрений на основе одновременного учета высоты планируемого урожая (что связано с определенным выносом элементов питания), количества вносимого органического удобрения и содержания в почве доступных растений азота, фосфора и калия.

Примером такого уточнения доз удобрений могут служить разработки М. Ф. Корнилова, Н. А. Сапожникова и Н. Н. Рюмина в Северо-Западном научно-исследовательском институте сельского хозяйства (табл. 80). Нормы внесения питательных веществ, приведенные в табл. 80, еще нельзя рассматривать как окончательные рекомендации, но они являются наглядным примером подхода к выбору практических доз в зависимости от местных условий.

Аналогичные разработки проведены в других институтах.

В тех случаях, когда требуется рассчитать дозы удобрений по заданной урожайности, можно воспользоваться способами, в основе которых лежит вынос элементов питания различными сельскохозяйственными культурами.

Вынос элементов питания растениями — величина непостоянная. Она изменяется в зависимости от культуры и условий произрастания растений, но в обычных условиях производства отклонения от средних величин по каждой культуре не так велики, и поэтому допустимо пользоваться средними показателями содержания элементов питания в единице урожая.

Для установления доз удобрений простейшим расчетным способом необходимо иметь данные об использовании растениями питательных веществ из удобрений (табл. 81), о содержании питательных веществ в урожае (табл. 82), величине планируемого урожая и фактическом урожае той же культуры в хозяйстве без удобрений или при очень слабой удобренности полей.

При расчете доз удобрений можно пользоваться следующим уравнением:

$$X = \frac{(A - B) \cdot a \cdot 100}{C}$$

где:  $X$  — искомая доза минерального удобрения (в кг действующего вещества на 1 га);

$A$  — запланированный урожай (в ц с 1 га);

$B$  — средний урожай на данном поле за последние годы без внесения удобрений (в ц с 1 га);

$a$  — количество питательного вещества, которое выносится 1 ц урожая (в кг);

$C$  — условный коэффициент использования растением питательного вещества из минерального удобрения (в %);

100 — коэффициент для пересчета в проценты.

144  
506  
48

Таблица 81

Использование растениями питательных веществ  
из удобрений в первый год

Удобрения	Процент (ориентировочно) использования от исходного содержания в удобрениях		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Навоз и компосты . . . . .	20—35	30—50	50—70
Навозная жижа . . . . .	50	—	80
Фекалии . . . . .	50	40	70
Птичий помет . . . . .	30	40	90
Зола . . . . .	—	25	70
Минеральные удобрения . . . . .	50—70	20—25	70

Таблица 82

Содержание питательных веществ (в кг) в 1 т продукции  
(при учете всего урожая)

Продукция	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Продукция	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Зерно:				брюквы . . . . .	5,5	3,1	7,7
озимой ржи . . . . .	31,0	14,0	26,0	столовой моркови	3,2	1,6	5,0
озимой пшеницы	37,0	13,0	23,0	Белокочанная капу-			
яровой пшеницы	47,0	12,0	18,0	ста . . . . .	3,3	1,3	4,4
ячменя . . . . .	29,0	11,0	20,0	Томаты . . . . .	2,6	0,4	3,6
овса . . . . .	33,0	14,0	29,0	Огурцы . . . . .	1,7	1,4	2,6
гороха . . . . .	66,0	16,0	20,0	Лук . . . . .	3,0	1,2	4,0
Волокно льна . . . . .	80,0	40,0	70,0	Клубни картофеля	6,2	2,0	14,5
Зеленая масса куку-				Сено:			
рузы . . . . .	2,5	1,0	3,5	клеверное . . . . .	19,7	5,6	15,0
Корнеплоды:				люцерновое . . . . .	26,0	6,5	15,0
сахарной свеклы	5,9	1,8	7,5	тимopheеchnoe . . . . .	15,5	7,0	24,0
кормовой свеклы	4,9	1,5	6,7	вики . . . . .	22,7	6,2	10,0
турнепса . . . . .	4,8	1,7	5,7	луговое . . . . .	17,0	7,0	18,0
кормовой мор-							
кови . . . . .	5,2	1,9	6,0				

При наличии в хозяйстве агрохимических картограмм расчет делается не на планируемую прибавку урожая, а на весь урожай, а затем полученные дозы уточняются в зависимости от содержания элементов питания в почве. Например, нужно получить с 1 га 20 ц зерна ячменя. Согласно картограммам в 100 г почвы данного поля содержится 10 мг гидролизуемого азота, 5 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 3 мг K<sub>2</sub>O.

Расчет доз удобрений можно вести в таком порядке:

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. По таблице выноса находят, что для получения 20 ц зерна ячменя следует внести (кг) . . . . .	58	22	40
2. Уточняют дозы по агрохимическим картограммам: обеспеченность . . . . .	Высокая	Низкая	Очень низкая
изменение дозы согласно обеспеченности . . . . .	Уменьшается на 1/2	Не изменяется	Увеличивается на 1/3
внесение с учетом картограмм (кг) . . . . .	29	22	53
3. Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений в 1-й год (%) . . . . .	50	20	70
4. Следовательно, необходимо внести питательных веществ с учетом процента использования (кг) . . . . .	58	110	76
5. Пересчитывают необходимое количество элементов питания на имеющиеся в хозяйстве удобрения (ц) . . . .	1,3 (мочевины)	≈ 2,6 (двойного 42%-ного су- перфосфата)	≈ 1,3 (58%-ного хло- ристого калия)

Для расчета доз удобрений применяется также способ, в котором учитываются содержание подвижных элементов питания в почве (в кг на 1 га) и их коэффициенты использования (обычно фосфора и калия), например:

$$X = \frac{100 \cdot A - BK_1}{K_2}$$

- где: X — доза удобрения (в кг действующего вещества на 1 га);  
 A — вынос питательных веществ урожаем (в кг на 1 га);  
 B — содержание подвижных питательных веществ в почве (в кг на 1 га);  
 K<sub>1</sub> — коэффициент использования питательных веществ из подвижных их запасов в почве;  
 K<sub>2</sub> — коэффициент использования питательных веществ из вносимых удобрений.

Если показатели выноса элементов питания урожаем и использования питательных веществ из удобрений в известной мере условны, то не в меньшей степени это относится и к коэффициентам использования питательных веществ из почвы. Так, по данным Т. Н. Кулаковой, для различных культур на дерново-подзолистых почвах Белоруссии коэффициент использования растениями фосфатов пахотного горизонта почв колеблется от 4 до 19,5%. По калию ряд исследователей считает возможным

пользоваться коэффициентами от 10 до 12%, хотя в действительности колебания значительно шире.

Таким образом, все расчетные способы установления доз удобрений на планируемую урожайность несколько условны. Однако это обстоятельство не исключает целесообразности их практического применения в хозяйствах.

**Значение способов и сроков внесения удобрений.** Для допосевого внесения обычно применяются полные дозы удобрений с заделкой вспашкой или культивацией.

Припосевное (местное) и послонное внесения являются высокоэффективными приемами размещения удобрений в почве, при которых питательные вещества располагаются послонно, очагами и обеспечивают питание растений при проникновении их корней на различную глубину. Лучшими для припосевого внесения являются хорошо разложившиеся органические удобрения, органо-минеральные смеси, гранулированный суперфосфат, а также легкорастворимые формы других минеральных удобрений. При местном внесении дозы уменьшают примерно в 2—3 раза, а гранулированного суперфосфата — в 4—5 раз; это позволяет удобрять большие площади при том же количестве удобрений.

Для подкормок (корневых и внекорневых) используются в сухом и жидком виде только легкорастворимые удобрения. Количество их для подкормок составляет  $\frac{1}{3}$  —  $\frac{1}{2}$  дозы основного внесения удобрений. Необходимо помнить, что подкормки являются только дополнительным источником питания к основному или припосевному внесению удобрений.

Способы и сроки внесения удобрений должны сочетаться с приемами возделывания культур таким образом, чтобы внесение удобрений не представляло больших технических затруднений и чтобы в то же время растения были достаточно обеспечены всеми элементами питания в течение всего вегетационного периода. В связи с этим под яровые зерновые культуры рекомендуется главным образом допосевное и припосевное внесение удобрений. Особенно целесообразно припосевное внесение суперфосфата. Подкормки яровых зерновых культур с хозяйственной точки зрения делать невыгодно, так как это сильно повышает себестоимость продукции. Эффективность подкормок сильно зависит от условий погоды. Недостаток влаги в период проведения подкормок, особенно если удобрения вносятся без заделки, может привести к тому, что подкормки окажутся вообще неэффективными.

В этом отношении особое место занимают только озимые (рожь, пшеница), для которых ранневесенняя подкормка посево азотными удобрениями (особенно содержащими азот в нитратной форме) является обязательным мероприятием, так как значительно повышает урожай и дает высокую оплату единицы внесенного удобрения.

Под пропашные культуры (картофель, кормовые корнеплоды, овощные культуры и пр.) наряду с основным и припосевным можно вносить удобрения и в виде подкормок в период вегетации. Хотя и в этом случае увлекаться подкормками не следует, имея в виду, что это лишь прием дополнительного внесения удобрений в наиболее ответственные периоды и что основа урожая закладывается гораздо раньше.

При сомкнутом стоянии растений и острой необходимости применения удобрений проводятся внекорневые подкормки с использованием на больших массивах сельскохозяйственной авиации.

**Учет особенностей питания и удобрения отдельных культур.** Одна из важнейших задач системы удобрения заключается в том, чтобы обеспечить растения питательными веществами во все периоды их жизни. Для отдельных культур и их групп можно отметить следующие особенности питания.

Озимые зерновые культуры имеют самый продолжительный период питания, но поступление питательных веществ в растения почти полностью заканчивается к началу цветения. В ранний весенний период для них особенно важно наличие источников азотного питания. В связи с этим под озимые нужно вносить основное удобрение перед посевом или под предшествующую культуру и проводить весенние подкормки азотными удобрениями.

Озимая рожь — важнейшая продовольственная культура северных районов — отличается меньшими требованиями к условиям произрастания, чем озимая пшеница. Она имеет хорошо развитую корневую систему, что позволяет ей использовать элементы питания из менее растворимых соединений и довольно хорошо переносить временные засушливые периоды. Она способна переносить некоторую кислотность почвенного раствора, хотя на кислых почвах прекрасно реагирует на известкование.

Озимая пшеница — культура более требовательная и к почве и к климатическим условиям. Корневая система ее развита слабее, и она очень чувствительна к кислой реакции почв.

Для обеих культур большое значение имеет правильная организация питания в осеннее и ранневесеннее время.

Осенью озимые зерновые хорошо отзываются на достаточное обеспечение их фосфорно-калийными удобрениями. Это объясняется улучшением условий развития корневой системы, увеличением в растениях количества углеводов, повышением внутриклеточной кинетической энергии, а в связи с этим и значительным повышением морозоустойчивости растений.

Прогрессивным и высокоэффективным приемом припосевного удобрения зерновых культур является внесение небольших доз гранулированного суперфосфата.

Хорошее действие припосевного удобрения зерновых фосфором связано с направлением физиологических процессов внутри



прорастающих семян и с биологическими особенностями растений. В прорастающем семени преобладают процессы распада над синтезом. В семенах зерновых культур содержится большое количество азотистых веществ и относительно мало углеводов, поэтому они с начала своего роста нуждаются в основном в фосфорном питании (табл. 83).

С этими данными прекрасно согласуются результаты, полученные при припосевном удобрении пшеницы и картофеля (табл. 84).

Таблица 83

Таблица 84

Поступление  $P^{32}$  в прорастающие семена пшеницы и клубни картофеля  
(в импульсах в минуту)

Отзывчивость пшеницы и картофеля на местное внесение фосфорного и азотно-фосфорного удобрений

Вариант опыта	Пшеница (росток)	Картофель (середина клубня)
Фон . . . . .	66	57
$P^{32}$ с семенным материалом . .	2438	225

Вариант опыта	Урожайность (ц/га)	
	пшеница	картофель
Контроль . . . . .	21,8	203,5
$P_{10}$ (в гнездо или рядок) . . . . .	26,0	223,3
$P_{10}N_{10}$ (в гнездо или рядок) . . . . .	22,8	242,5

В этом опыте пшеница даже снизила урожай при добавлении азотного удобрения. Азотное удобрение очень сильно повышало интенсивность дыхания, что без достаточного количества углеводов привело к быстрому расходованию запасных веществ семени, задержке роста (особенно корневой системы), а в итоге — и к снижению урожая. Из этого следует, что припосевное удобрение является эффективным приемом, но им нужно пользоваться умело, с учетом биологических особенностей культур.

С осени следует обеспечить достаточное фосфорно-калийное питание озимых культур. Вносить с осени под озимые азотные удобрения, особенно в том случае, если озимые высеваются по навозному фону, нецелесообразно, так как избыток азота способствует изнеживанию растений, уменьшению в них углеводов, что в конечном итоге приведет к понижению их зимостойкости. В том случае, когда озимые высевают по безнавозному фону, по занятым парам или на очень бедных почвах, с осени наряду с фосфорными и калийными следует вносить и небольшие дозы азотных удобрений.

Ранней весной отрастание озимых начинается, когда в почве процессы нитрификации ослаблены и ощущается резкий недостаток азота. Поэтому ранневесенние подкормки озимых азотными удобрениями всегда эффективны. Для них лучше использовать нитратные или смешанные аммиачно-нитратные формы

азотных удобрений (селитры). Азот нитратных форм более подвижен в почвах и, кроме того, связан с кислородом, который может использоваться корнями растений в процессах дыхания при восстановлении нитратов. Эта сторона действия может иметь очень большое значение, если принять во внимание, что почвы, насыщенные водой, бедны не только доступными формами азота, но и кислородом воздуха.

Эффективность ранних весенних подкормок озимых азотными удобрениями обычно очень высока. Однако на очень богатых почвах и при хорошем развитии растений от весенней подкормки озимых следует воздерживаться.

Таким образом, сроки и способы внесения удобрений под культуры играют большую роль в эффективности удобрений. Часто существенное значение имеет не сколько дать удобрений, а как и когда. Нередко малая доза удобрений может оказать большую эффективность, чем большая доза, но внесенная без учета требований культуры и условий ее возделывания.

Из яровых зерновых культур наибольшее значение имеет яровая пшеница, ячмень и овес. Пшеница и ячмень по сравнению с овсом предъявляют большие требования к условиям произрастания. Они чувствительны к кислой реакции и лучшие урожаи дают в условиях слабокислой или нейтральной среды. На кислых почвах обязательным приемом при их возделывании является известкование. Овес же довольно хорошо растет и на почвах с повышенной кислотностью.

Яровые зерновые культуры в большинстве случаев размещают после удобренных озимых или пропашных культур. Поэтому органические удобрения под них не вносят. Из минеральных удобрений наибольшее значение имеют азотно-фосфорные. На калийные удобрения более сильно отзывается ячмень.

Все зерновые яровые культуры должны быть прежде всего хорошо обеспечены фосфором. Азотные удобрения повышают качество зерна, увеличивая его белковость. Однако надо учитывать и цель возделывания культуры. Например, в ячмене, выращиваемом для пивоваренной промышленности, увеличение количества белка нежелательно.

У яровых зерновых культур критический период в потреблении питательных веществ наступает к началу кущения, а максимальный период — от выхода в трубку до колошения. Этим определяется необходимость внесения удобрения до посева или при посеве. Особенно важно припосевное (рядковое) внесение гранулированного суперфосфата.

Кукуруза является важной продовольственной (преимущественно в южных районах) и кормовой (в северных районах нечерноземной полосы) культурой. Как и все пропашные, кукуруза требовательна к наличию в почве элементов питания, она хорошо отзывается на внесение как органических, так и минеральных удобрений.

Потребление питательных веществ кукурузой растягивается почти на весь период вегетации. Раньше всего заканчивается основное потребление азота и калия, поглощение же фосфора продолжается почти до самого созревания. Однако особенно резкую потребность в фосфорном питании кукуруза испытывает в начальный период роста. Это связано с тем обстоятельством, что хотя кукуруза и способна развивать мощную корневую систему, но молодые растения имеют очень слабые корни и вообще вначале растут крайне медленно. Фосфорные удобрения, внесенные перед посевом, способствуют хорошему развитию корневой системы и значительно ускоряют образование початков.

Основное удобрение в виде органических и главной массы минеральных удобрений в зависимости от зоны и прочих условий вносится либо осенью, либо весной.

К припосевному удобрению следует относиться осторожно, так как в начале роста кукуруза очень чувствительна к повышенной концентрации питательных веществ. Можно рекомендовать внесение гранулированного суперфосфата в дозе 0,5 ц на 1 га сеялками, имеющими приспособление для высева туков, которое позволяет размещать удобрение отдельно от семян на 4—5 см в сторону или на 2—3 см глубже. При отсутствии таких сеялок суперфосфат вносят в гнезда в смеси с перегноем.

В качестве подкормки можно рекомендовать азотные удобрения. Подкормки фосфорно-калийными удобрениями малоэффективны. При выращивании кукурузы как силосной культуры роль азотных удобрений сильно возрастает.

Кукуруза не переносит кислых почв. Оптимальная реакция для ее развития соответствует рН 6—7. По этой причине на кислых почвах для кукурузы обязательным является известкование.

Картофель — важнейшая продовольственная, кормовая и техническая культура, отличающаяся повышенным требованием к элементам питания, особенно к калию. Он имеет длинный период питания, причем максимум азота и фосфора поступает в растения до цветения, а поступление калия продолжается до полной физиологической зрелости клубней.

Для хорошего развития ботвы в первый период вегетации требуется достаточное количество азота. Однако избыток азота может отрицательно сказаться на клубнеобразовании, поэтому азотные удобрения нужно вносить в достаточном, но не избыточном количестве.

Картофель довольно хорошо переносит повышенную кислотность почвы и плохо избыток извести. Поэтому известь вносить под картофель не следует; даже в севооборотах или хозяйствах, выращивающих большое количество этой культуры, дозы извести должны быть уменьшены. Предпочтительно использовать известковые материалы, содержащие магний, который оказывает меньшее отрицательное действие на картофель.

Удобрение навозом дает хорошие прибавки урожая. Еще лучше сочетание навоза с минеральными удобрениями. Картофель хорошо отзывается на местное внесение удобрений в виде перегной и минеральных удобрений.

Ранние (под первое окучивание) подкормки азотно-калийными удобрениями могут оказать положительное действие. Внесение фосфорных удобрений в подкормки малоэффективно.

При дозах навоза 35—40 т на 1 га калийные удобрения можно не вносить, так как такое количество навоза довольно хорошо обеспечивает потребность картофеля в калии. Наибольшее значение имеет приращение к навозу азотных и фосфорных удобрений. На подзолистых почвах большее значение имеет дование к навозу азота, а на черноземах — фосфора.

Картофель дает хорошие прибавки урожая на каждую единицу внесенного удобрения, но очень требователен к формам удобрений. Из калийных удобрений нежелательно внесение форм, содержащих очень большое количество хлора. При внесении хлористых солей под картофель ухудшается лежкость клубней, их вкус и снижается процентное содержание крахмала.

Из азотных удобрений лучшей формой следует считать сульфат аммония, который в меньшей степени, чем другие азотные удобрения, снижает содержание крахмала в клубнях. Большое содержание углеводов в посадочных клубнях позволяет не опасаться отрицательного действия аммиачных форм азотных удобрений.

Овощные культуры представляют собой неоднородную группу растений, чрезвычайно отличающихся по требованиям, которые они предъявляют к условиям произрастания. Общим для овощных культур является то, что они весьма требовательны к наличию элементов питания в почве в больших количествах и в усвояемой форме. У большинства овощных наиболее четко выражена потребность в азоте и калии.

Овощные культуры между собой чрезвычайно сильно отличаются по длине вегетационного периода и продолжительности периода питания. Например, капуста имеет особенно длинный период питания с максимальным поступлением питательных веществ во вторую половину вегетации, во время завязывания кочанов. Свекла и морковь потребляют питательные вещества относительно равномерно в течение всего периода вегетации, но все же наиболее интенсивно на 3-м месяце роста. Огурцы и томаты потребляют питательные вещества в более короткие сроки и главным образом в первой половине лета. Салату, редису и шпинату, имеющим короткий период вегетации, требуется усиленное питание с первых дней роста.

Овощные культуры различно реагируют на известкование. Очень хорошо отзываются на непосредственное внесение известки свекла и капуста белокочанная. Огурцы, лук, шпинат, салат, сельдерей и некоторые сорта цветной капусты лучше удаются

при внесении извести под предшествующие культуры. Репа, редька, морковь, тыква, кабачки, томаты, редис, арбузы, ревеня и петрушка на хорошо окультуренных почвах в известковании практически не нуждаются.

Наиболее чувствительны к концентрации питательного раствора, морковь, лук и огурцы, для которых единовременное внесение больших доз удобрений недопустимо. Лучше переносят повышенные концентрации питательных веществ капуста, томаты, свекла (табл. 85).

Таблица 85

Оптимальные концентрации удобрений для овощных культур  
(в миллимолях на 1 кг почвы)

Культуры	Для растений		Культуры	Для растений	
	моло- дых	разви- тых		моло- дых	разви- тых
Морковь . . . . .	2	4	Капуста . . . . .	6	14
Лук . . . . .	3	6	Томаты . . . . .	10	14
Огурцы . . . . .	4	6	Свекла . . . . .	12	30

Все эти особенности питания овощных культур следует учитывать при разработке системы применения удобрений.

Внесение навоза планируется в первую очередь под огурцы и капусту, которые очень хорошо на него отзываются. Особенностью огурцов является их способность хорошо использовать свежий навоз. Под столовые корнеплоды (морковь и свеклу) использовать слабо перепревший навоз не рекомендуется, так как в этом случае наблюдается разветвление корнеплодов, что снижает их лежкость и товарную ценность. Морковь и свеклу лучше выращивать на 2-й год после применения навоза или непосредственно под них вносить хорошо перепревший навоз. Лук, имеющий слаборазвитую корневую систему и чрезвычайно чувствительный к повышенной концентрации питательных веществ и кислотности почвы, лучше реагирует на элементы питания из навоза, чем на минеральные удобрения, но вносить под лук следует только хорошо перепревший навоз.

Под рано высеваемые культуры (лук, ранние и поздние сорта капусты и др.) навоз следует вносить осенью, под зяблевую вспашку. Под поздно высеваемые культуры (средние сорта капусты, огурцы) его лучше вносить весной, особенно в нечерноземной полосе и на легких по механическому составу почвах.

Многие овощные культуры хорошо отзываются на местное внесение удобрений. Для культур, выращиваемых рассадой, можно рекомендовать использование небольшого количества удобрений одновременно с посадочным поливом. Внесение удобрений одновременно с поливом или проведение ранней подкорм-

ки способствует более раннему получению продукции, что в овощеводстве имеет чрезвычайно большое значение.

Некоторые дополнительные затраты на проведение подкормок культур с длительным периодом вегетации бывают вполне оправданы. При планировании подкормок следует помнить, что наиболее эффективны рано проводимые азотно-калийные подкормки. Проведение поздних подкормок, особенно с применением фосфорных удобрений, значительно увеличивает себестоимость продукции и мало сказывается на увеличении урожая.

Сахарная свекла — важная техническая культура черноземно-степной зоны. На севере возделывается в относительно небольшом количестве как кормовая культура. Она совершенно не переносит кислых почв и реагирует на известкование уже при рН около 6. Лучшие урожаи получаются на высокоплодородных почвах, легких по механическому составу и непереувлажненных.

Культура чрезвычайно требовательна к наличию элементов питания. Поступление питательных веществ в растения происходит неравномерно. Хорошая обеспеченность азотом особенно нужна в первый период вегетации, когда идет формирование ассимиляционной поверхности. Во второй период вегетации количество азота в питательной среде должно быть резко ограничено, если сахарная свекла возделывается как техническая культура. Обильное, особенно одностороннее, азотное питание сахарной свеклы в это время приводит к ухудшению качества получаемой продукции, к уменьшению процента сахара. В свеклосахарной промышленности этот азот носит специальный термин «вредного азота». При возделывании сахарной свеклы как кормовой культуры избыток азота не представляет существенной опасности.

Достаточная обеспеченность фосфором нужна в течение всей вегетации, но главным образом в начальный период роста, когда идет образование корневой системы.

Хорошая обеспеченность калием также нужна в течение всего периода вегетации, но особенно в конце, так как этот элемент способствует повышению содержания сахаров в корнеплодах.

Сахарная свекла — такое же типичное «калийное» растение, как и картофель, но отношение к формам калийных удобрений у нее другое. Она довольно легко переносит хлористые соли и хорошо отзывается на наличие примесей натрия, который значительно повышает содержание сахара в корнеплодах. В связи с этим лучшими формами калийных удобрений являются сырые калийные соли, а лучшей формой азотного удобрения — натриевая селитра.

Сахарная свекла очень чувствительна к недостатку в почве бора. Поэтому внесение борных удобрений является обязатель-

ным элементом системы применения удобрений и особенно на известкованных почвах.

**Хлопчатник** — техническая культура южных районов, возделывается главным образом на поливных сероземах, темно-луговых и лугово-болотных почвах Средней Азии. Требует большого количества элементов питания и хорошо оплачивает урожаем каждую единицу внесенного удобрения.

В связи с особенностями почв, на которых он возделывается, хлопчатник наиболее сильно отзывается на внесение азотно-фосфорных удобрений. Основную массу питательных веществ потребляет в период бутонизации и цветения. Достаточное количество фосфора необходимо и в первый период жизни, поэтому большую часть фосфорных удобрений следует вносить до посева. Хлопчатник довольно хорошо отзывается на проведение подкормок.

**Лен** — важнейшая техническая культура северных районов. Он имеет слаборазвитую корневую систему, поэтому требует внесения элементов питания в доступной форме. Он довольно хорошо переносит повышенную кислотность почвенного раствора. Хорошим источником фосфора для него является и фосфоритная мука при заблаговременном ее внесении. Лен чувствителен к повышенной концентрации питательных веществ, поэтому удобрения следует вносить в умеренных дозах.

Основную массу удобрений под лен нужно вносить до посева. Подкормки азотно-калийными удобрениями проводятся в фазу елочки. Применение фосфорных удобрений в период вегетации малоэффективно.

Непосредственно под лен навоз обычно не вносят. Одностороннее удобрение льна азотом ухудшает номерность волокна и способствует полеганию растений. При применении азотных удобрений особое внимание должно обращать на очистку полей от сорняков.

Калийные удобрения повышают качество льноволокна. Лучше всего вносить формы калийных удобрений с меньшим содержанием хлора. Лен плохо переносит непосредственное внесение извести, которая ухудшает качество льноволокна. От извести волокно делается ломким. Поэтому известь непосредственно под лен не вносят, и в льноводческих хозяйствах даже под другие сельскохозяйственные культуры применяют уменьшенные дозы извести.

**Клевер** нуждается в достаточном количестве фосфора и калия. Основа удобрения клевера закладывается в поле покровной культуры, куда вносят органические, минеральные удобрения, а на кислых почвах — и известь, так как клевер очень чувствителен к реакции почвенного раствора. Одним из условий правильного возделывания клевера, как и других бобовых культур, является обработка семян нитрагином перед их посевом.

Подкармливают травы фосфорно-калийными удобрениями либо осенью после уборки покровной культуры, либо рано весной. Клевера 2-го года пользования, идущие под распашку, можно подкормить небольшими дозами азота. Подкормки азотом клеверов 1-го года пользования нецелесообразны, так как это уменьшает в травостое процент бобовых.

На семенниках клевера хорошие результаты дает внесение борных и молибденовых удобрений.

Травы на лугах и пастбищах значительно повышают урожай при внесении удобрений. Наибольшее отрастание трав наблюдается при применении всех элементов питания, но особенное значение имеет в большинстве случаев азот.

Фруктово-ягодные культуры — многолетники, несколько лет произрастающие на одном месте, поэтому отличаются повышенными требованиями к элементам питания. Для этой группы культур характерно наличие двух периодов питания. Первый период — весенне-летний, от ранней весны до уборки урожая. В это время идет усиленный рост побегов и листвы, цветение, завязывание и формирование плодов и ягод. Одновременно начинается закладка плодовых почек под урожай будущего года. Поэтому в весенне-летний период плодовые культуры должны быть обеспечены всеми элементами питания и главным образом азотом.

Второй период — летне-осенний, от уборки урожая до осени. В это время у растений наблюдается второй максимум роста корней, продолжается закладка плодовых почек под урожай будущего года и идет отложение запасных питательных веществ. Хорошее обеспечение плодово-ягодных культур фосфором и калием при ограничении азота в этот период значительно повышает их зимостойкость.

**Особенности применения удобрений в севооборотах.** При составлении плана размещения удобрений в севооборотах принимаются во внимание все ранее рассмотренные основы системы применения удобрений. Новым существенным фактором является только постоянство чередования культур и связанное с ним относительное постоянство предшествующей удобрённости участков. При правильном размещении удобрений в севообороте учитывают не только особенности почв, климата и требования растений, но и плановое последствие внесенных ранее удобрений на урожай последующих культур.

Система применения удобрений разрабатывается на всю ротацию севооборота, т. е. на ряд лет, что, с одной стороны, устраняет необходимость ежегодного составления планов, а с другой стороны, обеспечивает наиболее рациональное использование удобрений, получение высоких устойчивых урожаев и систематическое повышение плодородия почв при наименьших затратах средств и труда.



Если в хозяйстве имеются севообороты нескольких типов, то удобрения распределяются с учетом особенностей набора культур, входящих в состав каждого севооборота. Наибольшее количество удобрений должно планироваться для севооборотов с высоким удельным весом пропашных культур. Это прежде всего относится к севооборотам с высоким содержанием посевов свеклы, кормовых корнеплодов, кукурузы и картофеля. В специальных севооборотах с высоким содержанием ведущей технической культуры (льна, сахарной свеклы, хлопчатника, конопли и т. д.) первоочередное внимание обращается на полное обеспечение удобрениями ведущей культуры.

В условиях одного хозяйства и даже в пределах одного севооборота возможны разнообразные схемы применения удобрений. В связи с этим нельзя рекомендовать какие-либо постоянные схемы.

Схемы построения системы применения удобрений в севооборотах могут быть различными, но каждая из них должна обеспечить повышение урожайности культур, плодородия почв и производительности труда.

Примерные схемы возможного размещения удобрений в нескольких севооборотах (на подзолистой, черноземной и сероземной почвах) приводятся в табл. 86—88. Приведенные схемы размещения удобрений имеют, конечно, условный характер и должны рассматриваться как варианты, подлежащие уточнению в конкретных хозяйственных условиях.

Передовые хозяйства, осуществляющие систему применения удобрений в севооборотах с учетом местных особенностей, добились высокой урожайности, даже на подзолистых почвах. Так, ордена Ленина колхоз имени Кирова Калининской области повысил урожайность зерновых с 12,6 (средняя за 1961—1965 гг.) до 25,6 ц с 1 га (средняя за 1966—1970 гг.). В 1971 г. с каждого гектара было собрано по 32,5 ц зерна, а к 1975 г. намечается довести урожайность зерновых до 45—50 ц с 1 га. В этом колхозе осуществляется в 7-польном севообороте следующая система применения удобрений (пример по бригаде «Мелечкино»; табл. 89).

В колхозе «Кубань» Усть-Лабинского района Краснодарского края на черноземной почве осуществляется рациональная система удобрения, основанная на дифференцированном применении удобрений в бригадах по агрохимическим картам. Это позволило хозяйству получить в 1971 г. урожай зерна по 61,5 ц с каждого из 4600 га.

Приведенные показатели высокой урожайности не являются пределом. Об этом свидетельствует опыт колхозов имени Крупской Гайворонского района Кировоградской области и «Зелта друва» Добельского района Латвийской ССР. В 1971 г. в 1-м хозяйстве было получено с каждого из 11,8 га посева озимой пшеницы сорта Безостая 1 по 94,6 ц зерна, во 2-м на отдельных

Условная схема размещения удобрений в полевом севообороте со льном на слабоподзолистой легкоуглинистой почве

№ поля	Культуры	Основное удобрение	Припосевное удобрение	Подкормки
1	Пар, занятый вико-овсяной смесью	Известь (3 т/га) под зяблевую вспашку. Торфонавозный компост с фосфоритной мукой и калийной солью (40 т/га) под весеннюю перепахку	Гранулированный суперфосфат (0,5 ц/га) в рядки и нитрагин с семенами вики	—
2	Озимая рожь с подсевом трав	—	Гранулированный суперфосфат (0,5 ц/га) в рядки с семенами ржи и нитрагин с семенами клевера	Аммиачная селитра (0,7 ц/га) рано весной по посевам ржи
3	Травы 1-го года пользования	—	—	Суперфосфат (2 ц/га) и хлористый калий (1,5 ц/га) поверхностно рано весной
4	Травы 2-го года пользования	—	—	—
5	Лен	Суперфосфат (2 ц/га), хлористый калий (1,5 ц/га), аммиачная селитра (1 ц/га), борнодоломитовое удобрение (0,5 ц/га) под весеннюю культувацию	—	Аммиачная селитра (0,6 ц/га) и хлористый калий (0,5 ц/га) в фазу елочки
6	Картофель	Компост навоза с фосфоритной мукой и калийной солью (30 т/га) под весеннюю перепахку	—	Сульфат аммония (2 ц/га) и хлористый калий (0,5 ц/га) под 1-е окучивание
7	Яровые зерновые	—	Гранулированный суперфосфат (0,5 ц/га) в рядки с семенами	—

Условная схема размещения удобрений в полевом севообороте на черноземе

№ поля	Культуры	Основное удобрение	Припосевное удобрение	Подкормки
1	Кукуруза	Навоз (10 т/га), суперфосфат (3 ч/га) и хлористый калий (1 ч/га) под зяблевую вспашку	Гранулированный суперфосфат (0,5 ч/га) в рядки	Аминая вода (2 ч/га) при междурядной обработке
2	Озимая пшеница	—	То же	Аминая селитра (0,7 ч/га) рано весной
3	Сахарная свекла	Навоз (15 т/га), преципитат (2 ч/га), калийная соль (2 ч/га) и сульфат аммония (1,5 ч/га) под зяблевую вспашку	Суперфосфат (1 ч/га), натриевая селитра (1 ч/га), хлористый калий (0,5 ч/га), марганцевый шлам (0,5 ч/га)	Аминая селитра (0,5 ч/га), хлористый калий (0,5 ч/га) после про-рытки. Внекорневая подкормка (в конце вегетации) суперфосфатом и хлористым калием
4	Яровые зерновые	—	Гранулированный суперфосфат (0,5 ч/га) в рядки	—
5	Однолетние бобовые (горох, бобы)	—	Нитрагин (0,5 кг/га)	—
6	Озимая пшеница	—	Гранулированный суперфосфат (0,5 ч/га) в рядки	Аминая селитра (0,5 ч/га) рано весной
7	Кукуруза и подсолнечник	Навоз (15 т/га), марганцированный суперфосфат (2 ч/га) и хлористый калий (1 ч/га) под зяблевую вспашку	То же	Аминая селитра (0,8 ч/га), суперфосфат (1,5 ч/га) и калийная соль (1 ч/га) при междурядной обработке
8	Кукуруза	Аминая селитра (1,5 ч/га), суперфосфат (2,5 ч/га) и калийная соль (1,5 ч/га) под весеннюю культивацию	—	Аминая вода (2 ч/га) при междурядной обработке
9	Озимая пшеница	—	Гранулированный суперфосфат (0,5 ч/га) в рядки	Аминая селитра (0,7 ч/га) рано весной

Условная схема размещения удобрений в хлопковом севообороте на орошаемом незасоленном сероземе

№ п/п	Культура	Основное удобрение под зяблевую вспашку	Припосевное удобрение (с семенами)	Подкормки
1	Кукуруза	Навоз (10 т/га), сульфат аммония (1,5 ц/га), суперфосфат (3,5 ц/га), хлористый калий (1,5 ц/га)	—	Аммиачная вода (2,5 ц/га) при междурядной обработке
2	Люцерна	Суперфосфат (3 ц/га) и хлористый калий (1 ц/га)	—	—
3	Хлопчатник	Суперфосфат (5 ц/га) и хлористый калий (1 ц/га)	Гранулированный суперфосфат (0,7 ц/га)	Аммиачная селитра (1,5 ц/га), хлористый калий (1 ц/га) перед бутонизацией Аммиачная селитра (1,5 ц/га) перед цветением
4	Хлопчатник	Суперфосфат (3 ц/га), хлористый калий (1 ц/га), сульфат аммония (2 ц/га)	То же	Аммиачная селитра (1,5 ц/га) перед бутонизацией Аммиачная селитра (1,5 ц/га) перед цветением
5	Хлопчатник	Навоз (10 т/га), сульфат аммония (2 ц/га), суперфосфат (2,5 ц/га)	•	Аммиачная селитра (1,5 ц/га) перед бутонизацией Аммиачная селитра (1 ц/га) перед цветением
6	Хлопчатник	Навоз (10 т/га), сульфат аммония (2 ц/га), суперфосфат (2,5 ц/га)	•	Аммиачная селитра (1,5 ц/га) перед бутонизацией Аммиачная селитра (1 ц/га) перед цветением

Примечание. 1. На засоленных почвах применение калийных минеральных удобрений исключается.

2. На почвах, содержащих более 60 мг подвижного  $P_2O_5$  на 100 г почвы, доза фосфорных удобрений уменьшается в 1,5—2 раза.

## Система применения удобрений в 7-польном севообороте

№ поля	Чередование культур	Сроки, нормы, способы внесения удобрения
1	Пар чистый — 50 %	Под перепахку черного пара 30 т навоза или 40 т торфо-навозного компоста, 5 ц фосфоритной муки, 1—1,5 ц калийной соли, 2—3 т известняковой муки, после перепахки — 2 ц аммиачной воды на 1 га
2	Пар занятый (горохово-овсяная смесь) — 50 %	То же, что и в чистом пару, и дополнительно после уборки парозанимающей культуры 0,5 ц хлористого калия и 3 ц аммиачной воды на 1 га
3	Озимые с подсевом многолетних трав	При посеве в рядки гранулированный суперфосфат — 0,5 ц, весной подкормка 1—1,5 ц аммиачной селитры на 1 га
4	Многолетние травы 1-го года	—
5	Многолетние травы 2-го года	Ранней весной подкормка аммиачной селитрой — 1 ц на 1 га
6	Лен — 50 %	Под культивацию 2 ц суперфосфата, 3 ц фосфоритной муки, 1,5 ц хлористого калия, в фазу елочек подкормка 1 ц аммиачной селитры на 1 га
	Зерновые — 50 %	Под культивацию 3 ц суперфосфата, 3 ц фосфоритной муки, 1 ц хлористого калия, при посеве в рядки 0,5 ц суперфосфата, в подкормку 0,5—1 ц аммиачной селитры на 1 га
7	Зерновые — 50 %	При подъеме зяби или культивации 3 ц аммиачной воды и в рядки 0,5 ц гранулированного суперфосфата на 1 га
	Пропашные (картофель) — 50 %	Под перепахку 30—40 т органических удобрений, 2,3 ц аммиачной воды, 1,5 ц хлористого калия, при посадке в рядки 1 ц гранулированного суперфосфата или нитрофоски, при междурядной обработке 2 ц аммиачной селитры на 1 га
	Овес — 50 %	При посеве в рядки 0,5 ц гранулированного суперфосфата на 1 га
	Яровая пшеница — 50 %	Под культивацию 3 ц аммиачной воды, 1 ц хлористого калия, при посеве в рядки 0,5 ц гранулированного суперфосфата и в подкормку 0,5 ц аммиачной селитры на 1 га

участках урожайность озимой пшеницы сорта Мироновская 808 составляла 99,9 ц с 1 га.

## Вопросы для самопроверки

1. Что понимается под системой применения удобрений?
2. Какие главные задачи ставятся перед системой применения удобрений?
3. Какие условия необходимо учитывать при разработке системы применения удобрений?
4. В чем состоит учет организационно-хозяйственных условий?
5. Как определяется экономическая эффективность удобрений?
6. В чем состоит учет особенностей климатических и почвенных условий?

7. Назовите различия во времени и способах внесения удобрений, обусловленные зональностью.

8. Какие существуют способы установления и уточнения норм удобрений?

9. Как изменяются нормы удобрений в зависимости от способов и сроков их применения?

10. Особенности питания и удобрения отдельных культур.

11. В чем преимущество применения удобрений в севооборотах?

12. Как размещаются удобрения в полевом севообороте со льном на подзолистой почве?

13. Как лучше разместить удобрения в полевом севообороте на черноземе?

14. Особенности применения удобрений в хлопковом севообороте.

## ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### Размещение удобрений в севооборотах и полях хозяйства

**Материалы.** Сведения о местонахождении хозяйства и его специализации, характеристика погодных условий, схемы чередования культур в принятом севообороте или план размещения культур по участкам (полям) хозяйства, агрохимические карты или агрохимическая табличная характеристика почв по участкам предполагаемого размещения сельскохозяйственных культур, сведения о фактической урожайности культур за предшествующие 2—3 года и планируемой высоте урожайности.

Работу следует выполнять в следующем порядке.

1. Вначале в тетрадь записать общие сведения о хозяйстве: область, район, название хозяйства, его бригады и отделения; сведения о землепользовании и климатических условиях.

2. Используя агрохимические карты, в тетрадь занести агрохимическую характеристику почв полей по следующей форме:

№ поля	Площадь (га)	Преобладающая почвенная разность (степень оподзоленности), механический состав	Степень окультуренности	рН солевой вытяжки	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований ( $\text{мг} \cdot \text{экв}$ на 100 г почвы)	Степень насыщенности основаниями (процент)	Легкодоступные элементы питания ( $\text{мг}$ на 100 г почвы)	
								$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$

3. Рассчитать общие дозы удобрений. Расчет можно производить так, чтобы на одного исполнителя приходились расчеты по 1—2 культурам, а в целом учебная группа может дать расчеты на все культуры и поля севооборотов или участков.

Общие нормы удобрений можно взять для той или иной культуры по средним зональным рекомендациям, приведенным в табл. 62—75, а дозы извести — по табл. 17.

4. Произвести уточнение норм азотного, фосфорного и калийного удобрения, пользуясь табл. 63, 72 и рекомендациями зональных агрохимических лабораторий.

5. Уточнить нормы по проценту использования питательных веществ на основании данных табл. 81.

6. При планировании получения очень высокого урожая и отсутствии агрохимической характеристики почв общие нормы органических и минеральных удобрений можно установить по одному из расчетных методов.

7. Выбрать формы минеральных удобрений, руководствуясь показателями кислотности почв и особенностями климата, в частности количеством выпадающих атмосферных осадков.

8. Пересчитать общую норму удобрения, выраженную в килограммах действующего начала на 1 га, в дозы конкретного удобрения по формуле:

$$X = \frac{H \cdot 100}{B}$$

где:  $X$  — искомая доза удобрения (в кг на 1 га);

$H$  — норма действующего начала питательного вещества, запланированная к внесению (в кг на 1 га);

$B$  — содержание действующего начала в удобрении (в процентах).

9. На основе учета свойств удобрений, особенностей питания и принятой агротехники культур избрать сроки и способы внесения удобрений (с расчленением общей дозы).

10. Результаты работы записать по следующей форме:

№ поля	Культура	Площадь (га)	Основное удобрение			Предпосевное удобрение		Подкормки	
			вид	доза (ц/га)	срок и техника применения	вид	доза (ц/га)	вид	доза (ц/га) и срок внесения

Продолжение

Потребность в удобрениях (ц на всю площадь поля)

навоз	торф для компоста	компост	известь	супер-фосфат	фосфоритная мука	аммиачная селитра	серно-кислый аммоний	хлористый калий	другие удобрения

11. Написать краткую объяснительную записку (обоснование) к составленному размещению удобрений.

## Составление плана заготовок и закупок удобрений

**Материалы.** Разработанный план размещения удобрений в севооборотах и полях хозяйства, основные сведения из плана развития животноводства, сведения о наличии рабочей силы, сельскохозяйственных машин, транспорта и ориентировочные данные о финансовых возможностях хозяйства.

Работу следует выполнять в таком порядке.

1. Суммированием данных по отдельным полям севооборота и участков выявить общую потребность хозяйства по каждому виду и форме удобрения.

2. Отдельно просуммировать данные по количеству органических и минеральных удобрений; полученные показатели разделить на число гектаров посевной площади, в результате чего установить возможную среднюю обеспеченность удобрениями 1 га.

3. Рассчитать возможность накопления местных органических удобрений по следующей форме:

Вид животного	Количество голов	Норма подстилки на 1 голову в сутки (кг)	Навоз		Навозная жижа		Птичий помет	
			норма выхода за год (т на 1 голову)	всего (т)	норма выхода за год (т на 1 голову)	всего (т)	норма выхода за год (т на 1 голову)	всего (т)
Крупный рогатый скот:								
взрослый . . . . .								
молодняк до 2 лет . .								
Лошади:								
взрослые . . . . .								
молодняк до 2 лет . .								
Овцы (взрослые) . . . .								
Свиньи (взрослые) . . .								
Птица . . . . .								
Всего . . . . .								

4. Выявить возможности заготовки торфа и приготовления компостов; данные записать по следующей форме:

Вид компоста	Соотношение компостируемых материалов	Всего требуется для компоста (т)			Всего приготавливается компоста (т)
		навоза	торфа	и т. д.	
Торфо-навозный . . . . .					
Торфо-фекальный . . . .					
Торфо-жижевый . . . . .					
Другие виды компостов					



Сезона	Местных удобрений (т)						Промышленных удобрений (т)						Планируемая средняя обеспеченность пашенными удобрениями (ц/га)	
	органических			известковых			бактериальных	аммиачной селитры	сульфата аммония	суперфосфата	фосфоритной муки	хлористого калия	минераль- пашни	опашче- скины
	в том числе			в том числе										
	навоза	торфа	компоста	навозной жижи	птичьего помета	всего	известки или туфа	других изве- стковых туков	всего	всего	всего	всего	всего	всего
1-й . . . . .														
2-й . . . . .														
и т. д.														
Всего . . . . .														
Заготавливается в хозяйстве . . . . .														
Приобретается . . . . .														

5. Выявить возможности местной заготовки золы, извести и других материалов.

6. Установить общую потребность в удобрениях, указав, сколько и каких удобрений может быть заготовлено и закуплено. Данные записать по форме, приведенной на стр. 263.

7. План заготовок и закупок удобрений желательно детализировать во времени (по кварталам):

Удобрения	Будет заготовлено и закуплено (т)				
	всего	в том числе по кварталам			
		I	II	III	IV

8. Произвести ориентировочный расчет рабочей силы, требующейся для заготовки и внесения удобрений.

9. Проверить соответствие наличного количества и марок машин и автотранспорта объему планируемых механизированных работ.

10. В случае выявляющихся затруднений по осуществлению разработанной для хозяйства системы применения удобрений записать свои пожелания по организации труда и покупке машин.

11. Дать общее заключение о разработанной системе применения удобрений с указанием путей ее улучшения.

## АГРОХИМИЧЕСКАЯ СЛУЖБА И МЕТОДЫ АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### АГРОХИМИЧЕСКАЯ СЛУЖБА В СССР

Агрохимическая служба в широком, общем толковании этого понятия представляет собой организацию и деятельность специальных административных управлений, научных, учебных и производственных учреждений по вопросам химизации сельского хозяйства. Задачи ее в условиях сельскохозяйственного производства весьма многообразны. К их числу относятся: 1) внедрение в сельскохозяйственное производство достижений науки и передового опыта; 2) оказание помощи по выявлению, накоплению и использованию в хозяйствах местных удобрений; 3) контроль за правильным применением минеральных удобрений; 4) составление почвенных и агрохимических карт с дальнейшей разработкой обоснованных рекомендаций по удобрениям; 5) выполнение различных агрохимических лабораторных анализов почв, удобрений, растений и другой сельскохозяйственной продукции; 6) повышение агрохимической квалификации специалистов сельскохозяйственного производства и колхозно-совхозного актива; 7) проведение географических опытов с удобрениями или опытов местного значения и т. п.

Для осуществления работ по химизации земледелия органируются зональные или областные агрохимические лаборатории, а также производственные межрайонные, районные и колхозно-совхозные агрохимические лаборатории.

В соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 9 апреля 1964 г. в стране организовано государственное агрохимическое обслуживание сельскохозяйственного производства, которое осуществляют специалисты 195 зональных агрохимических лабораторий.

С момента организации государственной агрохимической службы работа зональных агрохимических лабораторий направлена на оказание помощи колхозам и совхозам для эффективного использования удобрений, известковых материалов и других химических средств, а также кормов в животноводстве.

Для выполнения этой задачи в хозяйствах систематически проводятся комплексные агрохимические исследования почв, удобрений, кормов и растений и на основе полученных данных, достижений отечественной и зарубежной агрохимической науки

разрабатываются рекомендации по наиболее эффективному использованию средств химизации. Результаты этих работ позволяют определять баланс питательных веществ в почве, изменение почвенного плодородия, корректировать дозы удобрений для отдельных полей и участков колхозов и совхозов. Кроме того, они дают материалы для обоснованного государственного планирования производства и распределения удобрений.

Ежегодный объем работ по агрохимическому обследованию земель составляет 35—38 млн. га. За период с 1964 по 1969 г. обследовано 190 млн. га. С 1970 г. в большинстве районов начато повторное агрохимическое обследование земель.

Зональные и областные агрохимические лаборатории — это крупные, хорошо оборудованные лаборатории, в которых работают агрохимики, почвоведы, агрономы.

Использование новейших методов и высокопроизводительных приборов при поточной системе позволяет в такой лаборатории одному сотруднику выполнить более 1000 массовых анализов за один рабочий день. В связи с этим зональные и областные лаборатории могут быстро справиться с большим объемом работ по составлению почвенных и агрохимических карт.

Зональные агрохимические лаборатории выполняют очень важные исследования по программе Географической сети опытов с удобрениями, объединяемой Центральным институтом научного агрохимического обслуживания (ЦИНАО) и ВИУА. За 1964—1969 гг. зональные агрохимические лаборатории провели 24,1 тыс. полевых опытов с удобрениями. За это время они разработали рекомендации по применению удобрений для 37,8 тыс. хозяйств.

Использование их, как показала проверка, обеспечило высокую эффективность удобрений в производственных условиях.

Работы зональных агрохимических лабораторий с каждым годом расширяются и углубляются. Предполагается, что в ближайшие годы при полевых обследованиях почв будет отбираться один образец не с 3—10 га, а с меньшей площади и составляться картограммы не по 3 агрохимическим показателям (рН,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ), а по 9 показателям, включая содержание в почвах подвижных форм микроэлементов. Дальнейшее развитие получат работы по качественной оценке кормов, выявлению эффективных приемов повышения качества урожая, определению остаточных количеств ядохимикатов в почве, растениях и водоемах, созданию оснащенных новой техникой районных звеньев агрохимической службы во всех почвенно-климатических зонах интенсивного применения удобрений и т. п.

Производственные межрайонные, районные и колхозно-совхозные агрохимические лаборатории ведут работы по химизации земледелия по самостоятельному плану и плану работ зональных лабораторий.

Агрохимия пользуется различными методами исследований. Это обусловлено тем, что она изучает многообразные вопросы, к числу которых относятся: питание растений, биохимические процессы, свойства почв, качество продукции, технология, свойства и применение удобрений. Для агронома наиболее важным является изучение растений, удобрений и почв в целях выявления необходимости применения удобрений и выбора наиболее целесообразных путей их использования.

Основные методы агрохимических исследований делятся на две группы: биологические и химические.

**Биологические методы исследований.** К этим методам исследований относится проведение вегетационных, полевых и производственных опытов с внесением удобрений под те или иные культуры. Ценность этих методов состоит в том, что они вполне определенно отвечают на вопрос, как избранная культура отзывается на внесение удобрений. По меткому определению К. А. Тимирязева, мы «...спрашиваем мнение самого растения».

Проведение опытов с внесением удобрений требует длительного времени (от посева до уборки урожая) и весьма трудоемко, а результаты опытов можно использовать в практике размещения удобрений только на следующий год.

**Полевой опыт.** Полевой опыт является основным методом изучения действия удобрений. Он дает основание к разработке практических приемов правильного применения удобрений в хозяйстве и широко используется в научных исследованиях. Проведение полевого опыта не требует сложного оборудования и вполне доступно каждому агроному.

Сущность полевого опыта состоит в выращивании растений на делянках в полевых условиях при различных видах, дозах и способах внесения удобрений.

Полевой опыт только тогда дает убедительные результаты и связывает науку с сельскохозяйственным производством, когда проводится при строгом соблюдении методики и техники опытного дела. Плохой полевой опыт может запутать решение вопроса или привести к неправильному заключению.

Главное правило в полевом опыте состоит в том, что все условия выращивания сельскохозяйственных культур должны быть совершенно одинаковыми; изменяются только вид, доза, способ внесения или другие особенности применения изучаемого удобрения. Из этого следует, что участок, выбранный для полевого опыта, должен быть однородным по рельефу, характеру почвы, предшествующей культуре и удобренности, приемам обработки поля и т. п. На всех делянках опыта при его закладке и дальнейшем проведении все работы по вспашке, боронованию, посеву, уходу за посевами и уборке урожая выполняются с высоким качеством, одинаковыми орудиями или машинами и в

### Схема расположения повторностей и делянок в полевом опыте

1-е повторение				2-е повторение				3-е повторение				4-е повторение			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

#### Однорядное

1-е повторение				2-е повторение			
1	2	3	4	1	2	3	4
4	3	2	1	4	3	2	1
3-е повторение				4-е повторение			

#### Двухрядное

1	2	3	4	1-е повторение
4	1	2	3	2-е повторение
3	4	1	2	3-е повторение
2	3	4	1	4-е повторение

#### Многорядное ступенчатое

работ, а также результатов наблюдения за развитием растений и данных поделяночного учета урожая. Все сведения точно регистрируются в специальном журнале, дневнике полевого опыта или просто в отдельной тетради. Эти данные являются важным первичным документом опыта. Никакие поправки и изменения в первичных записях не допускаются.

Математическая обработка результатов полевого опыта состоит в вычислении средней урожайности каждого варианта из показаний по всем повторностям, вычислении прибавок урожая (в килограммах на делянку или в процентах к контролю) и в пересчетах поделяночных данных на 1 га. Статистическая обработка результатов опыта, вычисление достоверности различий между средними урожаями по вариантам, коэффициентов вариации, точности опыта и других показателей ведется по методикам, описанным в специальных руководствах.

Наиболее совершенным методом статистической обработки экспериментального материала является дисперсионный анализ, который больше других методов подходит и для оценки резуль-

татов полевых опытов. Он позволяет выявить общую изменчивость, или дисперсию, обозначаемую  $C_Y$ , дисперсию, обусловленную действием изучаемых факторов ( $C_V$ ), и дисперсию внутри выборок, характеризующую случайное варьирование, т. е. ошибку эксперимента ( $C_Z$ ). В полевом опыте общая дисперсия ( $C_Y$ ) разлагается на 3 части: варьирование вариантов ( $C_V$ ), повторений ( $C_P$ ) и случайное ( $C_Z$ ).

Итогом дисперсионного анализа является сопоставление варьирования с теоретическим критерием Фишера ( $F$ ) и оценка существенности разностей между выборочными средними.

Рассмотрим в качестве примера порядок обработки опыта, проведенного методом обычных повторений с внесением удобрений при выращивании озимой пшеницы\*.

1. Составляют таблицу урожаев (табл. 90), подсчитывают суммы по вариантам  $V$ , повторениям  $P$  и общую сумму всех поделяночных урожаев  $\Sigma X$ . При этом сумма по повторениям  $\Sigma P$  и сумма всех сумм по вариантам  $\Sigma V$  должны быть равны между собой и общей сумме всех поделяночных урожаев, т. е.  $\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X$ . Если указанного совпадения не будет, то в вычислениях вкралась ошибка, которую следует устранить.

Таблица 90

Таблица урожаев  
(в ц с 1 делянки)

Вариант (удобренность)	Урожай по повторностям (X)				Суммы по вариантам (V)	Средние ( $\bar{X}$ )
	1-я	2-я	3-я	4-я		
I	2,0	1,8	2,2	2,4	8,4	2,1
II	2,6	2,9	2,3	3,0	10,8	2,7
III	2,9	2,4	3,0	2,9	11,2	2,8
IV	3,2	3,0	3,6	3,4	13,2	3,3
Суммы по повторностям P . .	10,7	10,1	11,1	11,7	$\Sigma X = 43,6$	$\bar{X}_0 = 2,7$

Примечание. I — контроль, II — навоз, III — NPK, IV — навоз + NPK

II. Выбирают произвольное начало или условную среднюю  $A$  — целое число, близкое к среднему урожаю по опыту. В данном примере произвольным началом может быть число 3,0, так как  $\bar{X}_0 = 2,7$ . Составляют таблицу отклонений поделяночных урожаев от произвольного начала ( $X - A$ ), находят суммы отклонений по вариантам  $V_A$ , повторениям  $P_A$  и общую сумму отклонений  $\Sigma (X - A)$ . Проверяют правильность расчетов по ра-

\* Порядок работы, формулы и обозначения приняты по Б. А. Доспехову. Методика полевого опыта, «Колос», 1968, стр. 256—276.

Таблица отклонений и квадратов отклонений от произвольного начала  $A = 3,0$ 

Вариант	Отклонения от произвольного начала $(X-A)$ по повторностям				$V_A$	Квадраты отклонений $(X-A)^2$ по повторностям				$V_A^2$
	1-я	2-я	3-я	4-я		1-я	2-я	3-я	4-я	
I	-1,0	-1,2	-0,8	-0,6	-3,6	1,00	1,44	0,64	0,36	12,96 1,44 0,64 1,44
II	-0,4	-0,1	-0,7	0,0	-1,2	0,16	0,01	0,49	0,00	
III	-0,1	-0,6	0,0	-0,1	-0,8	0,01	0,36	0,00	0,01	
IV	0,2	0,0	0,6	0,4	1,2	0,04	0,00	0,36	0,16	
$P_A$	-1,3	-1,9	-0,9	-0,3	$\Sigma(X-A) = -4,4$	1,69	3,61	0,81	0,09	$[\Sigma(X-A)]^2 = 19,36$

венству  $\Sigma(X-A) = \Sigma P_A = \Sigma V_A$ . Все полученные отклонения и их суммы возводят в квадрат и записывают в соответствующие графы первой части таблицы отклонений (табл. 91).

Затем по формулам, приведенным в табл. 92, определяют суммы квадратов отклонений для различных источников варьирования и все полученные цифры записывают под таблицей отклонений в таком порядке:

Общее число наблюдений  $ln = 4 \cdot 4 = 16$ .

Корректирующий фактор:

$$C = \frac{[\Sigma(X-A)]^2}{ln} = \frac{19,36}{16} = 1,21.$$

Виды варьирования (суммы квадратов):

$$\text{Общее } C_Y = \Sigma(X-A)^2 - C = (1,00 + 1,44 + 0,64 \dots + 0,16) - 1,21 = 5,04 - 1,21 = 3,83.$$

$$\text{Повторений } C_P = \Sigma P_A^2 : l - C = (1,69 + 3,61 + 0,81 + 0,09) : 4 - 1,21 = 0,34.$$

$$\text{Вариантов (удобрений) } C_V = \Sigma V_A^2 : n - C = (12,96 + 1,44 + 0,64 + 1,44) : 4 - 1,21 = 2,91.$$

$$\text{Остаточное (ошибки) } C_Z = C_Y - (C_P + C_V) = 3,83 - (0,34 + 2,91) = 0,58.$$

III. Составляют таблицу дисперсионного анализа, вычисляют значение средних квадратов и отношение дисперсии вариантов к дисперсии ошибок, т. е. фактическое значение критерия  $F$  (табл. 93). Для составления таблицы пользуются следующими формулами: число степеней свободы  $\gamma =$  общее  $ln - 1$  ( $16 - 1 = 15$ ), повторений  $n - 1$  ( $4 - 1 = 3$ ), вариантов  $l - 1$  ( $4 - 1 = 3$ ), остаточное  $(l - 1) \cdot (n - 1) = 3 \cdot 3 = 9$ . Средний квадрат вариантов в нашем примере  $S^2 = S_V^2 = C_V : (l - 1) = 2,91 : 3 = 0,97$ , а остаточный  $S_Z^2 = C_Z : [(l - 1) \cdot (n - 1)] =$



Формулы для вычисления от произвольного начала  $A$ 

Вид варьирования (рассеяния)	Сумма квадратов	Число степеней свободы $\nu$	Средний квадрат (дисперсия) $S^2$	Отношение дисперсий $F_{\text{Факт}}$
Общее — $C_Y$	$\Sigma (X - A)^2 - C$	$ln - 1$		
Повторений — $C_P$	$\Sigma P_A^2 : l - C$	$n - 1$		
Вариантов — $C_V$	$\Sigma V_A^2 : n - C$	$l - 1$	$S_V^2 = C_V :$ $(l - 1)$	
Остаточное (ошибки) — $C_Z$	$C_Z = C_Y - (C_P + C_V)$	$(l - 1)(n - 1)$	$S_Z^2 = C_Z :$ $(l - 1)(n - 1)$	$S_V^2 : S_Z^2$

Примечание.  $X$  — поделаяночный урожай;  $A$  — произвольное начало;  $V_A$  — суммы отклонения поделаяночных урожаев от произвольного начала по вариантам;  $P_A$  — то же, по повторениям;

$C = \frac{[\Sigma (X - A)]^2}{ln}$  — корректирующий фактор.

$\Sigma (X - A)$  — общая сумма отклонений всех поделаяночных урожаев от произвольного начала;  $l$  — число вариантов;  $n$  — число повторений.

Таблица 93

## Таблица дисперсионного анализа

Вид варьирования (рассеяния)	Сумма квадратов	Число степеней свободы $\nu$	Средний квадрат (дисперсия) $S^2$	$F$		
				фактическое	теоретическое	
					0,05	0,01
Общее $C_Y$ . . . . .	3,83	15				
Повторений $C_P$ . . . . .	0,34	3				
Вариантов $C_V$ . . . . .	2,91	3	0,97	16,16	3,9	7,0
Остаточное (ошибки) $C_Z$	0,58	9	0,06			

$= 0,58 : 9 = 0,06$ . Фактическое значение критерия  $F = S_V^2 : S_Z^2 \times (0,97 : 0,06 = 16,16)$ . Теоретическое значение критерия  $F$  для уровня вероятности 0,95 (значимости 0,05) находим по табл. 94.

В данном примере  $F$  фактическое больше  $F$  теоретического, что указывает на существенные различия между вариантами удобрения при 5%-ном и 1%-ном уровнях.

IV. Для характеристики точности опыта и существенности частных различий вычисляют следующее:

1. Обобщенную ошибку средней:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S_Z^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,06}{4}} = 0,12 \text{ ц.}$$

Стандартные значения критерия  $F$  для уровня вероятности 0,95 (значимости 0,05)

Число степеней свободы $\nu_2$ для меньшей дисперсии	Число степеней свободы $\nu_1$ для большей дисперсии, которая берется числителем												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	$\infty$
1	164	200	216	225	230	234	237	239	241	242	245	249	254
2	18,5	19,2	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,9	8,8	8,8	8,8	8,7	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0	5,9	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,8	4,8	4,7	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0	3,8	3,7
7	5,6	4,7	4,4	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,4	3,2
8	5,3	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,1	2,9
9	5,1	4,3	3,9	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	2,9	2,7
10	5,0	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,7	2,5
11	4,8	4,0	3,6	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,6	2,4
12	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,5	2,3
13	4,7	3,8	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,4	2,2
14	4,6	3,7	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,3	2,1
15	4,5	3,7	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,3	2,1
16	4,5	3,6	3,2	3,0	2,9	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0
17	4,5	3,6	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,2	2,0
18	4,4	3,6	3,2	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,1	1,9
19	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,1	1,9
20	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8
22	4,3	3,4	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8
24	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,0	1,7
26	4,2	3,4	3,0	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,0	1,7
28	4,2	3,3	3,0	2,7	2,6	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7
30	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	1,9	1,6
40	4,1	3,2	2,9	2,6	2,5	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	1,8	1,5
60	4,0	3,2	2,8	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,7	1,4
120	3,9	3,1	2,7	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,3
$\infty$	3,8	3,0	2,6	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,5	1,0

2. Относительную ошибку средней (точность опыта):

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_{\bar{x}}}{x_0} \cdot 100 = \frac{0,12}{2,7} \cdot 100 = 4,44\%$$

3. Ошибку разности:

$$S_d = 1,414 S_{\bar{x}} = 1,414 \cdot 0,12 = 0,16 \text{ ц.}$$

4. Наименьшую существенную разность для 5%-ного уровня значимости:

$$HCP_{05} = t_{05} S_d = 2,3 \cdot 0,16 = 0,36 \text{ ц.}$$

Теоретическое значение критерия  $t$  находят по табл. 95 для числа степеней остаточной дисперсии. В данном примере при  $\gamma = 9$   $t_{05} = 2,3$ .

Таблица 95

Стандартные значения критерия  $t$  (критерий Стьюдента)

Число степеней свободы $\nu$	Уровень вероятности (значимости)			Число степеней свободы $\nu$	Уровень вероятности (значимости)		
	0,95 (0,05)	0,99 (0,01)	0,999 (0,001)		0,95 (0,05)	0,99 (0,01)	0,999 (0,001)
1	12,7	63,7	637,0	13	2,2	3,0	4,1
2	4,3	9,9	31,6	14—15	2,1	3,0	4,1
3	3,2	5,8	12,9	16—17	2,1	2,9	4,0
4	2,8	4,6	8,6	18—20	2,1	2,9	3,9
5	2,6	4,0	6,9	21—24	2,1	2,8	3,8
6	2,4	3,7	6,0	25—28	2,1	2,8	3,7
7	2,4	3,5	5,3	29—30	2,0	2,8	3,7
8	2,3	3,4	5,0	31—34	2,0	2,7	3,7
9	2,3	3,3	4,8	35—42	2,0	2,7	3,6
10	2,2	3,2	4,6	43—62	2,0	2,7	3,5
11	2,2	3,1	4,4	63—175	2,0	2,6	3,4
12	2,2	3,1	4,3	176 и больше	2,0	2,6	3,3

Величину наименьшей существенной разности ( $HCP$ ) используют при оценке различий между любой парой вариантов. Когда разность больше  $HCP$ , она признается существенной, если меньше или равна, несущественной. В табл. 96 представлены урожай и отклонения от контроля, полученные в нашем опыте.

Таблица 96

Урожай и отклонения от контроля

Вариант	Урожай (ц)	Отклонение	
		ц	%
I	2,1	—	—
II	2,7	0,6	28,5
III	2,8	0,7	33,5
IV	3,3	1,2	57,1

Точность опыта — 4,44%,  
 $HCP_{05} = 0,36$  ц с 1 га.

Следовательно, урожай по всем вариантам существенно отличается от контроля, так как прибавки урожая (0,6; 0,7 и 1,2) больше наименьшей существенной разности для 5%-ного уровня, т. е.  $HCP_{05}$ . Если же сравнить урожай по навозу с урожаем по NPK, оказывается, что разность (0,7 — 0,6 = 0,1) менее  $HCP_{05} = 0,36$ , т. е. различие между этими вариантами несущественно, находится в пределах ошибки опыта. О высокой эффективности всех трех изучавшихся вариантов применения навоза и минеральных удобрений свидетельствуют также большие прибавки урожая (выраженные в процентах), которые в 6—12 раз превышают относительную ошибку средней, т. е. точность опыта.

*Производственный опыт.* Отличие производственного опыта от полевого состоит в том, что действие удобрений проверяется на больших полях с использованием тех приемов агротехники и машин, которые приняты в хозяйстве. В связи с этим схема производственного опыта состоит обычно из двух и не более трех вариантов (обычно из контрольного и лучшего варианта удобренности, выявленного в полевом опыте или взятого на другом серьезном основании). Достаточной считается двукратная повторность при площади делянок от 0,5 га до нескольких гектаров.

Все работы в производственном опыте, включая уборку урожая, производятся механизированно. Учет урожая ведется прямым методом или урожай учитывается по прокосам, ширина которых равна ширине захвата машины, а длина — длине всего поля.

Проведение производственного опыта позволяет выяснить не только реальное повышение урожайности, но и экономическую эффективность удобрений.

*Вегетационный опыт.* Вегетационным называют опыт, который проводится не в поле на делянках, а в специальных сосудах, размещающихся в застекленных помещениях — вегетационных домиках — или под открытым небом на площадках, огражденных со всех сторон проволоочной сеткой и называемых сетчатыми павильонами.

Вегетационный опыт проводится в несколько искусственных условиях, но с очень высокой точностью. В таких условиях можно расчленять и углубленно изучать сложные вопросы взаимодействия растений с почвой и удобрением, вопросы питания растений с регулированием концентрации питательных растворов, влажности почв, температуры окружающего воздуха, интенсивности освещения и т. п.

Растения в вегетационных опытах выращиваются на почве, промытом кварцевом песке и в дистиллированной воде с внесением питательных солей (так называемые почвенные, песчаные и водные культуры).

Сосуды для опытов могут быть металлическими, эмалированными или из обычного листового железа; внутри они должны быть покрыты лаком, а снаружи белой краской. Могут быть они стеклянными или из другого материала. По величине, форме и некоторым другим особенностям применяется несколько типов сосудов.

Удобрения в вегетационных опытах принято вносить в средних дозах: N — 0,35—0,75 г; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,3—0,5 г и K<sub>2</sub>O — 0,3—0,5 г на сосуд емкостью около 5—8 кг почвы. Питательные смеси для водных и песчаных культур довольно разнообразны. Для примера приведем две наиболее распространенные питательные смеси (табл. 97).

Состав питательных смесей для водных  
и песчаных культур

Состав смеси (соли)	Смесь	
	Гельригеля для водных культур (г на 1 л воды)	Приишниковая для песчаных культур (г на 1 кг песка)
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , безводная . .	0,492	—
$\text{NH}_4\text{NO}_3$ . . . . .	—	0,240
$\text{KH}_2\text{PO}_4$ . . . . .	0,136	—
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	—	0,172
$\text{MgSO}_4$ , безводная . . . .	0,060	0,060
$\text{KCl}$ . . . . .	0,075	0,160
$\text{FeCl}_3$ . . . . .	0,025	0,025
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	—	0,344
pH:		
в начале опыта . . . . .	3,6	6,5
в конце опыта . . . . .	7,0	5,8

Микроэлементы вносят в следующем количестве (на 1 л раствора или 1 кг песка): бора — 0,5 мг, марганца — 1,5, меди — 0,125 и цинка — 0,5 мг.

Следует отметить, что применяющийся в настоящее время в хозяйствах гидропонный способ выращивания овощей, цветов и других растений (без почвы) представляет собой практическое использование метода водных культур в его различных вариациях.

Методика и техника проведения вегетационного опыта имеет ряд особенностей, излагаемых в специальных руководствах.

**Химические методы исследований.** Основаны они на химическом анализе образцов почв или растений. После определения кислотности почвы и содержания в ней азота, фосфора и калия можно выявить необходимость применения извести, азотных, фосфорных или калийных удобрений и даже установить примерные их дозы внесения.

Но результаты химического исследования почв представляют ценность лишь в том случае, если мы знаем, как правильно истолковать полученные сведения, т. е. насколько результаты анализа соответствуют действительным требованиям растений и необходимости применения того или иного удобрения. Допустим, что мы в результате анализа почвы нашли, что в ней находится 0,1% общего азота или 8 мг на 100 г растворимой в слабой кислоте фосфорной кислоты. Много это или мало? Надо ли вносить азотные или фосфорные удобрения и какую следует ожидать от этого прибавку урожая? Получить удовлетворительный ответ можно только в том случае, если результаты химического анализа почвы сопоставлены с результатами хорошего полевого опыта по применению удобрений.

Химические методы анализа почв, растений и удобрений весьма разнообразны и многочисленны. С развитием науки возникают новые, более совершенные методы. Остановимся на кратком рассмотрении только тех из них, которые имеют наибольшее распространение или рекомендуются инструкциями для агрохимических исследований. Название химических методов обычно дается по имени автора, которым разработан метод, или по характерному реактиву и химической реакции, например метод Кирсанова, кобальтнитритный метод и т. п.

При анализе почв основное различие между методами чаще всего состоит в применении различных растворов (вода, соли, кислоты в разной концентрации) для извлечения из почвы того или иного элемента, так как его количественное содержание в вытяжке может быть определено в ряде случаев общепринятыми в химии приемами. Например, калий, извлекаемый по методу Кирсанова 0,2-нормальной соляной кислотой, практически можно учесть объемным методом (при титровании), на пламенном фотометре и колориметрически. Основные методы агрохимического анализа почв приведены в табл. 98.

Для каждого метода приняты определенные количественные показатели содержания питательного элемента, по которым уточняются дозы удобрений. Использование основных показателей уже рассматривалось нами при установлении доз в главах III и VI.

В настоящее время вводятся дополнительные методы массового агрохимического анализа почв, которые позволят более точно определять наличие доступных растениям элементов питания. Количество элементов питания в почве характеризуется более детальным разделением показателей на 6 классов. Для составления агрохимических карт вводятся единые условные обозначения по цвету (табл. 99).

Оценка почв по обеспеченности азотом, фосфором и калием с учетом требований культур приводилась выше.

Определение валовых количеств микроэлементов производят различными методами: спектральным, атомно-абсорбционным, полярографическим, спектрально-химическим и химическим (колориметрическим).

Извлечение подвижных форм микроэлементов из почв производят: при анализе некарбонатных почв (дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, красноземы и др.) по Пейве — Ринькису (при соотношении почва: раствор = 1:10 и 1-часовом взбалтывании) марганца в вытяжке 0,1-нормальной  $H_2SO_4$ , цинка — 1-нормальной  $KCl$ , меди — 1-нормальной  $HCl$ , кобальта — 1-нормальной  $HNO_3$ , молибдена — по Григу (оксалатно-буферный раствор с pH 3,3), бора — в водной вытяжке. В малокарбонатных почвах микроэлементы определяют в тех же экстрагентах, но после предварительного определения карбонатов в почвах и их нейтрализации. В карбонатных (более 3%  $CO_2$ ) и в за-

## Основные методы агрохимического анализа почв

Что определяется	Название метода	Характерные черты метода	Метод рекомендуется для почв
Гидролизуемый азот	Тюринга и Кононовой	Вытяжка с применением раствора 0,5-нормальной серной кислоты	Различных
Нитраты (NO <sub>3</sub> )	Нитрификационная способность по Кравкову	Определение NO <sub>3</sub> в исходном образце и после выдерживания его в термостате при оптимальном увлажнении	•
Аммоний (NH <sub>4</sub> )	Метод дисульфифеноловой кислоты	Водная вытяжка. Определение с дисульфифеноловой кислотой	•
	Феноловый в модификации Важенни	Извлечение поглощенного аммония 1-нормальным раствором хлористого калия. Определение с применением фенола и гипохлорита	•
	Кирсанова	Вытяжка с применением 0,2-нормальной соляной кислоты	Некарбонатных
	Мачигина	Вытяжка с применением раствора 1%-ного углекислого аммония	Карбонатных
	Эгнера — Рима (лактатный)	Вытяжка с применением 1/25 концентрированного раствора молочнокислого кальция	Различных
Подвижный фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Арреануса	Вытяжка с применением 2%-ной лимонной кислоты	Карбонатных
	Чирикова	Последовательная обработка почвы пятью растворителями или 0,5-нормальной уксусной кислотой	Некарбонатных
	Труога	Вытяжка с применением 0,002-нормальной серной кислоты	•

Что определяется	Название метода	Характерные черты метода	Метод рекомендуется для почв
Подвижный калий ( $K_2O$ )	Кирсанова Пейве Масловой Протасова Бровкиной Гусейнова	Вытяжка с применением 0,2-нормальной соляной кислоты Вытяжка с применением 1-нормального хлористого калия. Определение получением осадка с кобальтнитритом натрия Вытяжка с применением 1-нормального уксуснокислого аммония Вытяжка с применением 0,2-нормального углекислого аммония Вытяжка по методу Кирсанова. Определение калия с применением кобальтнитрита натрия Вытяжка с применением 1-нормального сернокислого аммония	Подзолистых • Подзолистых и черноземов Карбонатных почв юга Некарбонатных
Актуальная кислотность	Колориметрический по Алямовскому или электрометрический	Водная вытяжка	Карбонатных почв юга
Обменная кислотность	То же	Вытяжка с применением 1-нормального хлористого калия	Различных
Гидролитическая кислотность	Каппена	Вытяжка с применением 1-нормального уксуснокислого натрия. Определение титрованием	•
Сумма поглощенных оснований	Каппена — Гильжовица	Вытяжка с применением 0,1-нормальной соляной кислоты. Определение титрованием	•



Группировка почв по содержанию в них подвижных форм  
элементов питания  
(для раскраски карт)

Методы анализа	Условные обозначения (цвет) и содержание элементов питания (мг на 100 г почвы) по классам					
	I, красный	II, оранже- вый	III, желтый	IV, зеленый	V, голубой	VI, синий
<i>Фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</i>						
Кирсанова . . . . .	< 3	< 8	8—15	15—20	20—30	> 30
Чиркова . . . . .	< 2	< 5	5—10	10—15	15—20	> 20
Труога . . . . .	< 3	< 7	7—12	12—18	18—25	> 25
Мачигина . . . . .	< 1,0	< 1,5	1,5—3,0	3,0—4,5	4,5—6,0	> 6,0
Аррениуса . . . . .	< 8	< 15	15—30	30—45	45—60	> 60
<i>Калий (K<sub>2</sub>O)</i>						
Масловой . . . . .	< 5	< 10	10—15	15—20	20—30	> 30
Пейве (ВИУА) . . . . .	< 3	< 7	7—10	10—15	15—20	> 20
Бровкиной . . . . .	< 4	< 8	8—14	14—20	20—30	> 30
Протасова . . . . .	< 10	< 20	20—30	30—40	40—60	> 60
Гусейнова . . . . .	< 20	< 30	30—50	50—70	70—100	> 100
<i>Азот (N)</i>						
Тюрина—Кононовой при рН:						
менее 5 . . . . .	< 4	< 5	5—7	7—10	10—14	> 14
5—6 . . . . .	< 3	< 4	4—6	6—8	8—12	> 12
более 6 . . . . .	> 3	< 4	4—5	5—7	7—10	> 10
Нитрификационная способность . . . . .	< 0,5	< 0,8	0,8—1,5	1,5—3,0	3,0—6,0	> 6,0
<i>Кислотность</i>						
Определение рН в солевой вытяжке	< 4,0	< 4,5	4,6—5,0	5,1—5,5	5,5—6,0	> 6,0
Определение обмен- ной кислотности (мг на 100 г почвы)	> 1,0	< 1,0	—	—	—	—
Определение степени насыщенности ос- нованиями (в про- центах):						
легкие почвы . . . . .	—	—	—	До 60	> 60	—
тяжелые почвы . . . . .	—	—	—	До 75	> 75	—

соленных почвах марганец, цинк, медь и кобальт определяют в ацетатно-буферных вытяжках (рН 4,8) при соотношении почва : раствор = 1 : 5; молибден и бор — в вытяжках по Пейве — Ринькису. В торфяных почвах извлечение микроэлементов производят по Пейве — Ринькису при соотношении почва : раствор = 1 : 20.

В ближайшей перспективе для извлечения микроэлементов будут использованы групповые экстрагенты, в частности для извлечения марганца, цинка, меди и кобальта буферный раствор 1-нормального ацетата аммония с рН 4,8.

Для составления картограмм содержания микроэлементов рекомендуются примерные классы и условные обозначения (цвет), приведенные в табл. 100 и 101.

Таблица 100

Группировка почв подзолистого типа европейской части СССР по валовому содержанию микроэлементов (в мг на 1 кг почвы)

Классы	Условные обозначения (цвет)	Mn	Zn	Cu	Co	Mo	B
1	Красный . . .	< 100	< 10	< 5	< 2	< 0,5	< 1
2	Оранжевый . . .	100—200	10—20	5—10	2—4	0,5—1	1—2
3	Желтый . . .	201—400	21—30	11—15	4—7	1—2	2—5
4	Зеленый . . .	401—600	31—40	16—20	7—10	2—3	5—10
5	Голубой . . .	601—800	41—60	21—30	10—15	3—4	10—20
6	Синий . . . . .	> 800	> 60	> 30	> 15	> 4	> 20

Таблица 101

Группировка почв по содержанию в них подвижных форм микроэлементов (в мг на 1 кг почвы)

Классы	Условные обозначения (цвет)	Микроэлементы и экстрагенты					
		марганец (в 0,1-нормальной H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	медь (в 1-нормальной HCl)	цинк (в 1-нормальной KCl)	кобальт (в 1-нормальной HNO <sub>3</sub> )	молибден (по Грину)	бор (в H <sub>2</sub> O)
1	Красный . . .	< 10	< 0,5	< 0,2	< 0,1	< 0,05	< 0,1
2	Оранжевый . . .	10—25	0,5—1,0	0,2—0,5	0,1—0,3	0,05—0,1	0,1—0,2
3	Желтый . . .	26—75	1,0—2,0	0,5—1,5	0,3—1,0	0,1—0,2	0,2—0,3
4	Зеленый . . .	76—150	2,0—4,0	1,5—3,0	1,0—3,0	0,2—0,3	0,3—0,5
5	Голубой . . .	151—300	4,0—8,0	3,0—6,0	3,0—6,0	0,3—0,5	0,5—1,0
6	Синий . . . . .	> 300	> 8	> 6	> 6	> 0,5	> 1,0

Химический анализ растений проводится для определения количества поступивших в них элементов питания, по которому можно судить о необходимости применения удобрений (методы Нейбауэра, Магницкого и др.), определения показателей пищевого и кормового достоинства продукции (определения крахмала, сахара, белка, витаминов и т. п.) и для решения различных вопросов питания растений и обмена веществ.

В решении этих вопросов в настоящее время широко применяется также метод меченых атомов. Сущность метода состоит в том, что в питательную среду, в почву или удобрения вводятся не обычные атомы химических элементов, а искусственно приготовленные изотопы атомов, обладающих радиоактивностью. К таким атомам относятся радиоактивные атомы водорода ( $H^3$ ), углерода ( $C^{14}$ ), фосфора ( $P^{32}$ ) и др.

Такие атомы, «помеченные» радиоактивностью, испускают невидимые излучения, которые регистрируются специальными радиометрическими приборами, или счетчиками (рис. 26).

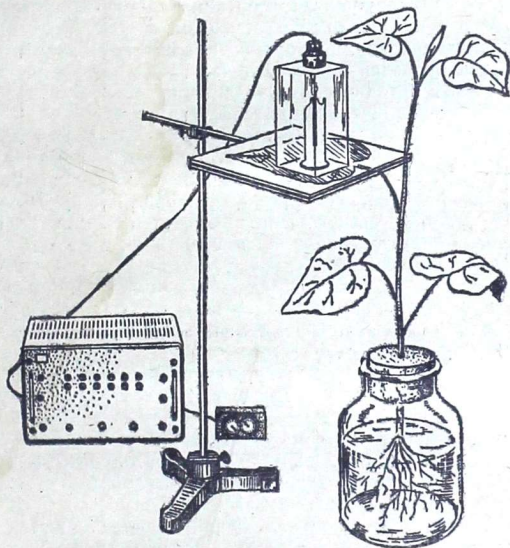


Рис. 26. Схема прибора для измерения радиоактивности листа торцовым счетчиком на целом растении (по А. М. Кузину).

С помощью меченых атомов можно быстро и с очень высокой точностью определить в живом растении в любую фазу его роста поступление, передвижение и содержание многих элементов, не прибегая к химическому анализу.

**Составление плана проведения полевого опыта**

В полевых опытах, кроме видов, форм, доз, времени и способов внесения, может изучаться сочетание вопросов агрохимии с приемами возделывания той или иной культуры, сортами сельскохозяйственных растений, особенностями почвенно-климатических зон (известкование кислых почв, гипсование солонцов, осушение болот в северных областях, орошение в районах недостаточного увлажнения), организационно-экономическими условиями и т. п. Однако при всем разнообразии тем и при любых условиях необходимо заранее продумать и записать план или порядок проведения полевого опыта на основе ранее изложенных общих методических указаний по опытному делу и использования дополнительной литературы\*.

Каждому учащемуся или подгруппе из 3—5 человек поручается особое задание, что требует большого внимания к выбору темы, которая не должна быть чрезмерно сложной по дальнейшей ее разработке. Для составления плана проведения полевого опыта с удобрениями можно пользоваться примерно следующим порядком работ и записей, которые приводятся в сокращенной форме.

1. Выбрать тему опыта с указанием культуры и почвы, на которой проводится опыт (например, тема «Эффективность удобрений при внесении под ячмень на дерново-подзолистой суглинистой почве»).

2. Разработать схему опыта, т. е. избрать число и содержание изучаемых вариантов (например, 1 — контроль, без удобрений, 2 —  $N_{60}P_{60}$ , 3 —  $N_{60}K_{60}$ , 4 —  $P_{60}K_{60}$  и 5 —  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ).

3. Решить вопрос о размере делянок и числе повторностей (например, делянки по  $20 \cdot 5 = 100 \text{ м}^2$ , повторность 4-кратная).

4. Выбрать место проведения опыта (например, поле № 5 полевого севооборота, рельеф участка ровный).

5. Составить чертеж расположения делянок опыта с указанием «привязок» и закрепительных кольев (например, расположение делянок двухъярусное, начало опыта в 50 м от межевого знака).

6. Рассчитать количество удобрений по видам на 1 делянку (в кг), на повторность, на весь опыт и избрать способ их внесения (например, сульфата аммония на 1 делянку 3; на повторность 9; на весь опыт 36; суперфосфата — соответственно 3,3; 9,9; 39,6 и 40%-ной калийной соли 1,5; 4,5 и 18; удобрения вносятся перед культивацией участка).

\* Б. А. Доспехов. Методика полевого опыта. М., 1968.

П. Г. Найдин. Полевой опыт, М., 1968.

А. А. Кудрявцева. Методика и техника постановки полевого опыта на стационарных участках, М., 1959.

7. Рассчитать количество семян на 1 делянку, повторность, весь опыт и избрать способ посева (при норме высева 2,5 ц на 1 га надо: на 1 делянку — 2,5; на повторность из 5 делянок — 12,5 и на весь опыт — 50 кг; посев ручной или малогабаритной сеялкой).

8. Сделать поделяночные навески удобрений и семян (каждая в отдельный пакет или мешочек).

9. Избрать способ отбивки прямых углов участка опыта (экером или мерной лентой).

10. Записать намечаемые приемы допосевной обработки почвы (весенняя перепашка или культивация, дискование, боронование) и сроки выполнения этих работ.

11. Наметить время (календарные сроки) непосредственных работ по закладке опыта (например, разбивка участка на делянки и взятие почвенных образцов для агрохимического анализа — 25/IV, внесение удобрений в почву и их заделка — 26/IV, посев и оформление полевого журнала — 27/IV):

12. Составить план фенологических наблюдений (всхожесть, подекадные измерения высоты растений, кущение, цветение, созревание) и наметить ориентировочный срок учета урожая.

13. Предусмотреть необходимые работы по уходу за посевами (прополка, рыхление междурядий пропашных культур, меры по борьбе с болезнями и вредителями растений и т. п.).

14. Избрать способ учета урожая (сплошной, выборочный, пробного снопа), орудия уборки, оборудование и материалы (серпы, весы, марлевые мешочки и т. п.).

15. За 2—3 дня до уборки урожая установить размеры защитных полос, выключек и поделяночных учетных площадей.

16. Наметить способ транспортировки урожая, его просушки, обмолота и другие работы, связанные с особенностями темы или условиями проведения опыта.

17. Составить отчет и заключение о проведенном опыте с приложением сведений по приводимой ниже форме.

#### Отчетная карточка

О полевом опыте на тему: .....

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 1. Год .....                                  | 2. Культура и сорт ..... |
| 3. Место опыта .....                          |                          |
| 4. Рельеф участка .....                       |                          |
| 5. Почвенная разность и окультуренность ..... |                          |
| 6. Агрохимическая характеристика почвы: ..... |                          |

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 7. Предшествующие культуры .....     |  |
| 8. Предшествующая удобренность ..... |  |

9. Обработка участка
10. Условия посева (посадки): а) время  
б) способ и норма высева
11. Внесено удобрений согласно схеме опыта: а) время  
б) способ и глубина, в) виды удобрений и качество
12. Учет урожая: а) время уборки  
б) способ учета, в) размер делянки  
г) учетная площадь делянки
13. Результат опыта (наблюдения, учет) и качество урожая:

№ дел.	Схема опыта				
1					
2					
3					
12					

Результаты математической обработки: точность опыта ( $S_x^{-}\%$ ) . . . . :

$HCP_{05} =$  . . . . . ц с 1 га.

14. Особенности состояния растений под влиянием удобрений
15. Особенности погоды по периодам
16. Повреждения делянок (вредители, болезни, погрызы и т. д.)
17. Наличие сорняков
18. Основные работы по уходу за посевами и время их проведения
19. Заключение о типичности и доброкачественности опыта

« . . . » . . . . . 197 . . . г.

Ответственный исполнитель

Руководитель

### Вопросы для самопроверки

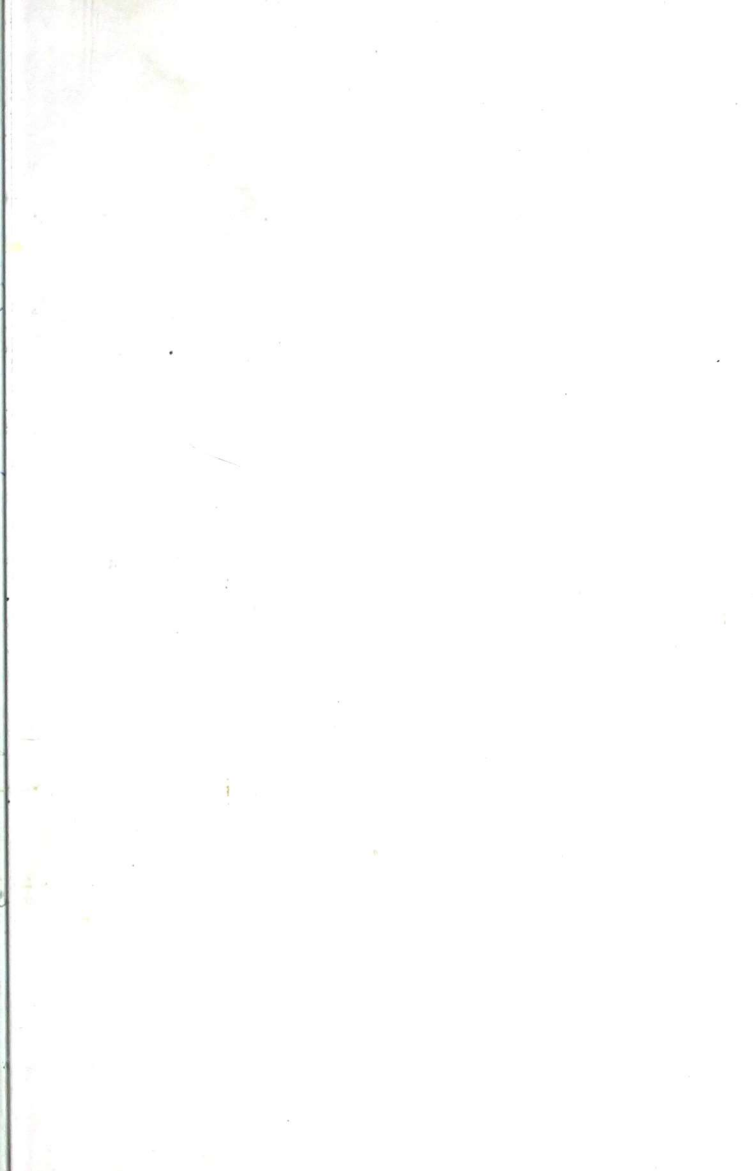
1. Как организована агрохимическая служба в СССР и какие работы выполняются ею в сельскохозяйственном производстве?
2. В чем состоит разница между химическими и биологическими методами агрохимических исследований?
3. Задачи и основные методы агрохимического анализа почв и растений.
4. Что такое полевой опыт и как он проводится?
5. Как составляется схема опыта и почему опыт проводится в нескольких повторностях?
6. В чем состоят особенности вегетационного опыта и какие задачи он решает?
7. Как составляется план и отчет по полемому опыту?

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Научные основы химизации земледелия	3
Химизация земледелия	3
Понятие об агрохимии	9
Глава II. Взаимоотношение растений, почв и удобрений	12
Общие сведения о факторах роста и составе растений	12
Корневое питание растений	14
Питательные вещества в растении	20
Питательные вещества в почве	23
Удобрения как фактор регулирования питания растений	29
Лабораторно-практические занятия	32
Техника лабораторных работ	32
Определение потребности растений в элементах питания по внешним признакам	35
Определение потребности растений в элементах минерального питания капельным колориметрическим анализом сока растений по К. П. Магницкому	37
Определение фосфорной кислоты по методу А. Т. Кирсанова и составление карты содержания в почвах подвижных фосфатов	38
Определение подвижного фосфора в карбонатных почвах по Б. П. Мачигину	40
Определение обменного калия методами Я. В. Пейве и Е. А. Бровкиной и составление карты содержания калия в почвах	42
Глава III. Известкование и гипсование почв	47
Известкование	47
Гипсование	62
Механизация работ по известкованию и гипсованию	66
Лабораторно-практические занятия	69
Определение актуальной кислотности почвы (или рН водной вытяжки)	69
Определение обменной кислотности с помощью прибора Н. И. Алямовского и составление карты кислотности почв	70
Определение гидrolитической кислотности почвы	71
Определение суммы поглощенных оснований (по Каппену)	73
Вычисление степени насыщенности почвы основаниями и использование результатов анализов для решения вопроса о целесообразности известкования	74
Определение поглощенного натрия в солонцовых почвах по методу И. Н. Антипова-Каратаева и Л. Я. Мамаевой	76
Анализ известковых туков методом титрования	78
Глава IV. Минеральные удобрения	81
Макроудобрения	81
Азотные удобрения	81
Фосфорные удобрения	101
Калийные удобрения	118
Микроудобрения и радиоактивные вещества	129
Понятие о микроудобрениях	129
Борные удобрения	130
Марганцевые удобрения	135

Медные удобрения	1
Молибденовые удобрения	1
Удобрение кобальтом	1
Полимикроудобрения и фритты	1
Радиоактивные вещества	1
Комплексные минеральные удобрения	4
Промышленные удобрения	1
Зола как местное калийно-фосфорно-известковое удобрение	1
Другие комплексные удобрения	1
Хранение минеральных удобрений и подготовка их к внесению	1
Механизация внесения минеральных удобрений	1
Лабораторно-практические занятия	1
Распознавание минеральных удобрений	1
Определение содержания азота в аммиачных и аммиачно-нитратных удобрениях	1
Определение содержания азота в селитре	1
Определение воднорастворимой фосфорной кислоты в суперфосфате объемным молибденовым методом	1
Определение калия в калийных удобрениях в виде его виннокислой соли	1
<b>Глава V. Органические удобрения.</b>	1
Понятие об органических удобрениях	1
Навоз	1
Навозная жижа	1
Птичий помет	1
Фекальные удобрения	1
Торф, компосты и другие удобрения на торфяной основе	1
Ил	20
Городской мусор и промышленные отходы	20
Механизация работ по внесению органических удобрений	20
Зеленое удобрение (сидерация)	20
Бактериальные удобрения	21
Нитрагин	21
Азотобактерин	21
Фосфобактерин	21
Препарат АМБ	21
Препараты силикатных бактерий	21
Лабораторно-практические занятия	21
Определение аммиачного азота в навозе или компосте колориметрическим методом по И. П. Мамченкову	21
Определение влажности торфа	21
Определение зольности торфа	21
Определение кислотности торфа	21
<b>Глава VI. Система применения удобрений</b>	21
Понятие, цели и основы разработки	21
Организационно-хозяйственные мероприятия	22
Распределение удобрений по культурам	22
Лабораторно-практические занятия	26
Размещение удобрений в севооборотах и полях хозяйства	26
Составление плана заготовок и закупок удобрений	26
<b>Глава VII. Агрохимическая служба и методы агрохимических исследований</b>	26
Агрохимическая служба в СССР	26
Методы агрохимических исследований	26
Лабораторно-практическое занятие	28
Составление плана проведения полевого опыта	28





73 коп.